

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO
URBANO AUTOMATIZADO DE TRES METROS CÚBICOS QUE
PERMITA CONTROLAR LA HUMEDAD RELATIVA POR MEDIO DE
MICROCONTROLADORES PARA GENERAR UNA PRODUCCIÓN
CONSTANTE DE ALIMENTOS ORGÁNICOS.

AUTOR:
JUAN SEBASTIAN HERRERA GONZALEZ

TUTOR:
CABRERA MORETA VÍCTOR HUGO

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Juan Sebastian Herrera Gonzalez con Cédula de Identidad N° 1717637597, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO URBANO AUTOMATIZADO DE TRES METROS CÚBICOS QUE PERMITA CONTROLAR LA HUMEDAD RELATIVA POR MEDIO DE MICROCONTROLADORES PARA GENERAR UNA PRODUCCIÓN CONSTANTE DE ALIMENTOS ORGÁNICOS. ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Sebastian Herrera Gonzalez

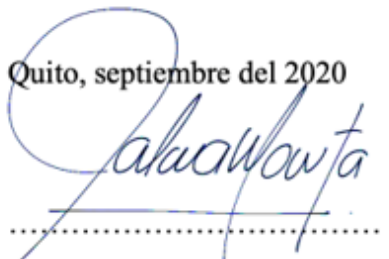
C.I: 1717637597

Quito, septiembre del 2020.

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO URBANO AUTOMATIZADO DE TRES METROS CÚBICOS QUE PERMITA CONTROLAR LA HUMEDAD RELATIVA POR MEDIO DE MICROCONTROLADORES PARA GENERAR UNA PRODUCCIÓN CONSTANTE DE ALIMENTOS ORGÁNICOS”, realizado por Juan Sebastian Herrera Gonzalez obteniendo un prototipo que cumple con todos los requisitos por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerada como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2020



.....

Cabrera Moreta Víctor Hugo
C.I. 1714864657

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres, Bayardo Herrera y Carmen González, a quienes gracias a su formación, apoyo, sacrificio y paciencia he podido concluir mi carrera. Ellos, a pesar de las adversidades, supieron guiarme y ponerme en el camino de tal manera que no abandone mis sueños y metas; apoyándome, incondicionalmente, para poder seguir siempre hacia adelante, siguiendo su ejemplo y consejos para llegar a ser un buen profesional.

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre me han apoyado, brindándome sus consejos y su apoyo en los buenos y malos momentos, guiándome por un buen camino a pesar de las difíciles circunstancias en las que la vida nos pone a prueba.

Juan Herrera

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana por infundir una educación de calidad, guiándome a mí y a muchos estudiantes por un camino ético con los conocimientos sólidos para llegar a ser excelentes profesionales y honrados ciudadanos.

A mi tutor, el Ingeniero Cabrera Moreta Victor Hugo, MsC. quien con su conocimiento me supo brindar su ayuda y guía para poder culminar este proyecto, siendo mi mano derecha durante todo este proceso para alcanzar los objetivos deseados.

Juan Herrera

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Invernaderos.....	1
1.2 Historia.....	1
1.3 Invernaderos automatizados.....	4
1.4 Estructuras.....	5
1.5 Estructura de un invernadero.....	5
1.6 Huertos.....	5
1.7 Huerto Urbanos.....	6
1.8 Agricultura Ecológica.....	8
1.9 Calidad y salud de suelo.....	8
1.10 Fisiología de los cultivos.....	10
1.11 Radiación global.....	10
1.12 Energía radiante.....	11
1.13 Efecto invernadero en la atmosfera.....	12
1.14 Objetivos del cultivo protegido.....	12
1.14.1 Principales objetivos.....	13
1.15 Eficiencia de riego.....	14
1.16 Microcontroladores.....	15
1.17 Huertos urbanos en la Ciudad de Quito.....	15
1.18 El Tomate.....	16
1.19 El Tomate en el Ecuador.....	17

1.20 Estudios científicos del Tomate.....	17
1.21 Requerimientos edafoclimáticos.....	18
CAPÍTULO II.....	19
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	19
2.1 Modelo de toma de decisiones.....	19
2.1.1 Fase 1.....	20
2.1.2 Fase 2.....	21
2.1.3 Fase 3.....	21
2.1.4 Fase 4.....	26
CAPÍTULO III.....	27
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	27
3.1 Diseño de estructura de madera.....	28
3.2 Esfuerzos admisibles de la madera.....	29
3.3 Factor de seguridad.....	33
3.4 Diseño a corte.....	33
3.5 Esbeltez.....	34
3.6 Perdidas de energía en la tubería.....	35
3.7 Sistema de riego.....	36
3.8 Número de Reynolds.....	39
3.9 Diagrama de Moody.....	40
3.10 Factor de fricción (f) para flujos turbulentos.....	40
3.11 Ecuación para el factor de fricción (f).....	41
3.12 Lógica de automatización.....	44
3.13 Programación.....	44
3.14 Placa Arduino UNO.....	48
3.15 Sensor MQ135.....	49
3.16 Sensor DHT11.....	50
3.17 Sensor FC-28.....	51
3.18 Reloj RTC DS1307.....	52
3.19 Relé.....	54
3.20 Análisis comparativo de resultados.....	60
CAPÍTULO IV.....	62
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
4.1 Resultados.....	62

4.2 Análisis de costos del prototipo.....	65
4.2.1 Costo prototipo.....	65
4.2.2 Consumo eléctrico del prototipo.....	65
4.2.3 Consumo de agua del prototipo.....	66
4.3 Estimación de costos de inversión.....	67
4.4 Evaluación del proyecto.....	68
CONCLUSIONES.....	70
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huerto [16]	6
Figura 2. Fisiología de la planta [21]	10
Figura 3. Radiación global [21].....	11
Figura 4. Energía radiante [22].....	11
Figura 5. Efecto invernadero en la atmosfera [22]	12
Figura 6. Diseño final del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera	27
Figura 7. Numeración partes del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera	28
Figura 8. Ilustración de viga. Elaborado por: Sebastian Herrera	30
Figura 9. Diagrama de cuerpo libre de la viga. Elaborado por: Sebastian Herrera	31
Figura 10. Diagrama de fuerzas cortantes. Elaborado por: Sebastian Herrera	32
Figura 11. Diagrama de momento. Elaborado por: Sebastian Herrera.....	32
Figura 12. Grafica de esfuerzo cortante máximo [30]	34
Figura 13. Sistema de fluido, ilustración de la ecuación general de la energía [31]	36
Figura 14. Datos del emisor de goteo regulable. Elaborado por: Sebastian Herrera	37
Figura 15. Diagrama de Moody [31]	40
Figura 16. Diagrama de flujo lógico de programación. Elaborado por: Sebastian Herrera	44
Figura 17. Sistema PUTTY [32]	46
Figura 18. Diagrama de conexión del sistema eléctrico. Elaborado por: Sebastian Herrera	47
Figura 19. El Universo ARDUINO. [1].....	48
Figura 20. Ejemplo de código sensor MQ135.....	50
Figura 21. Ejemplo de código DHT.11	51
Figura 22. Ejemplo de código FC-28. [36]	52
Figura 23. Ejemplo código RTC DS1307. [36].....	53
Figura 24. Partes de un relé. [36].....	54
Figura 25. Ubicación de sensores en el interior del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera.....	55
Figura 26. Programa ANSYS distribución de calor con el sistema de ventilación activado. Elaborado por: Sebastian Herrera.....	56

Figura 27. Programa ANSYS, visualización de la entrada turbulenta del aire y niveles de velocidad por efecto de los ventiladores. Elaborado por: Sebastian Herrera	57
Figura 28. Programa ANSYS, visualización de la distribución del aire en el interior del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera	57
Figura 29. Programa ANSYS, vista posterior del invernadero, salida y choque del aire de entrada con la pared del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera...	58
Figura 30. Grafica comparativa de variación de temperatura promedio diaria bajo tres condiciones de ventilación: Sistema de ventilación apagado (rojo), sistema de ventilación equipado con ventiladores de 120mmx120mmx25mm (amarillo), sistema de ventilación equipado con ventiladores 140mmx140mmx25mm(verde). Elaborado por: Sebastian Herrera.....	59
Figura 32. Grafica de producción en gramos (g) VS. Mes. Elaborado por: Sebastian Herrera	63
Figura 33. Costo de prototipo. Elaborado por: Sebastian Herrera	65
Figura 34. Consumo eléctrico prototipo. Elaborado por: Sebastian Herrera	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de estructura de los invernaderos [11].....	2
Tabla 2. Tipos de huertos urbanos [18].....	7
Tabla 3. Indicadores de la calidad del suelo [21]	9
Tabla 4. Principales objetivos del cultivo protegido. [10]	13
Tabla 5. Objetivos principales de la agricultura orgánica.....	14
Tabla 6. Eficiencia de riego [23]	15
Tabla 7. Requerimientos edafoclimáticos para la planta de tomate cherry.....	18
Tabla 8. Modelo de toma de decisiones	19
Tabla 9. FODA [31].....	20
Tabla 10. Ponderación del material de cubierta.....	22
Tabla 11. Ponderación de la materia de estructura	22
Tabla 12. Ponderación del tipo de estructura	22
Tabla 13. Ponderación del sistema de control	23
Tabla 14. Comparación y ponderación de tarjetas arduino.....	23
Tabla 15. Comparación y ponderación de sensores de temperatura de aire.....	24
Tabla 16. Comparación y ponderación de sensor de humedad de suelo.....	24
Tabla 17. Ponderación del sistema de riego	25
Tabla 18. Comparación y ponderación de sensor de CO2	25
Tabla 19. Resultados de la ponderación.....	26
Tabla 20. Listado y detalle de piezas del invernadero	28
Tabla 21. Clasificación de columnas por Esbeltez [30].....	35
Tabla 22. Definición de las propiedades de los fluidos [33]	39
Tabla 23. Rugosidad de materiales [33].....	41
Tabla 24. Ventajas y desventajas de arduino UNO	49
Tabla 25. Comparación de diferente tipo de semilla de tomate cherry	61
Tabla 26. Producción de 6 plantas de tomate cherry al interior del prototipo vs producción de 2 plantas en condiciones al aire libre.	62
Tabla 27. Nivel medio de nutrientes del suelo requerido para el cultivo de tomate [42].....	64
Tabla 28. Consumo de agua y valor a pagar	66
Tabla 29. Invernadero tipo capilla, medidas estándar, capacidad	67

GLOSARIO

- **Arduino.** Es una empresa que tiene una plataforma de desarrollo para diseñar y manufacturar placas electrónicas con hardware y software abierto de fácil uso. Las placas Arduino pueden leer señales de entrada por medio de un sensor, analizar la información y generar señales de salida para activar un actuador [1].
- **Invernadero.** Es un espacio cerrado, con una cobertura translúcida de plástico o vidrio, con el fin de controlar de la temperatura, humedad y otras variables ambientales en su interior para obtener un crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas para mejorar su producción [2].
- **Ventilación natural.** Es la más utilizada, el aire caliente pesa menos que el frío, esto quiere decir que el aire caliente flota sobre el aire frío, por lo tanto, tiende a elevarse y salir por medio de ventanas. [3]
- **Ventilación forzada.** Actualmente son las más utilizada, para renovación de aire y refrigeración por humectación. [3]
- **Fototropismo.** Es el movimiento de una planta inducida por un gradiente externo de luz. [4]
- **Automatización.** La automatización industrial es la aplicación de complejos sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados con el objetivo de operar y controlar la producción, con lo cual se busca obtener una alta calidad y la eliminación de la interacción humana, para minimizar errores con una mayor eficiencia del manejo de materiales, buscando minimizar tiempos muertos. [5]
- **Sensores.** Es un dispositivo que obtiene una señal de cualquier magnitud, transformándola a una señal eléctrica, la cual es enviada a un controlador para su posterior uso. Los sensores brindan la señal de entrada, mientras que los actuadores obtienen la señal de salida para así generar alguna acción. [6]

- **Programmable Logic Controller (PLC).** Son computadoras digitales de tipo industrial que permite la automatización en diferentes tipos de procesos. Controla tiempos de ejecución y regula secuencias de acción. Su siglas al español significa controlador lógico programable. [7]
- **Agricultura Orgánica.** Es un sistema de producción el cual usa insumos naturales, rechazando así cualquier tipo de insumo que contenga químicos o también conocidos como insumos sintéticos, con lo cual busca producir alimentos saludables y amigables con el medioambiente. Los productos obtenidos con esta técnica se los conoce en el mercado como productos orgánicos. [8]
- **Herbicida.** Es una sustancia química, que se utiliza para matar la maleza. Existen herbicidas selectivos y no selectivos dependiendo de su objetivo. El mal uso de este químico puede contaminar la tierra y afectar a la salud de quien lo manipula. [9]

RESUMEN

Los invernaderos son una técnica de cultivo que permite obtener productos fuera de temporada, con el uso apropiado de recursos y con buenas prácticas de cultivación como por ejemplo la poda, aporque, riego, etc. Se alcanza a tener excelentes resultados con un mejor control de plagas.

Existe un gran crecimiento de personas que optan por un consumo de alimentos orgánicos, por diversos motivos, problemas o “desconfianza” del proceso de grandes compañías al momento de producir alimentos, tales personas optan por tener sus propios huertos urbanos. La agricultura dentro de la ciudad está en aumento por diferentes motivos como: cultura de alimentación vegetariana o veganas, búsqueda de alimentos más saludable sin compuestos químicos que afecten a la salud de quien los consuma, las afectaciones pueden ser a corto, mediano o largo plazo, mejorar su economía y salud.

En este sentido, el presente proyecto diseñó y automatizó un invernadero urbano con microcontroladores. La automatización de invernadero permite el control constante de humedad de la tierra y de la temperatura del aire. Este control ayuda a mantener condiciones ambientales óptimas que las plantas necesitan para obtener resultados con alta calidad.

La automatización se realizó por medio de microcontroladores reduciendo así costos de inversión y mantenimiento, obteniendo productos de calidad y minimizando perdidas. Invernaderos automatizados a nivel industrial por lo general utilizan PLC (Controlador Lógico Programable) con lo cual sus costos de inversión son relativamente altos. Hoy en día los procesos de domótica tienen un alto interés por las personas, dicho lo anterior se puede automatizar un invernadero urbano por medio de microcontroladores, de tal manera que se genera una alternativa muy interesante para la población en general, debido a sus reducidos costos y buenos resultados.

Palabras claves: diseño, construcción, invernadero, humedad, microcontroladores, producción, alimentos orgánicos

ABSTRACT

Greenhouses is a technique that allows to obtain products out of season, with appropriate use and with good cultivation practices such as pruning, irrigation, etc. Resources such as water and fertilizers are optimized, better pest control is achieved, thus obtaining better results.

There is a great growth of people who search for an organic food, due to various problems or "distrust" of the process of generating food from large companies with which they choose to have their own urban gardens. Agriculture within the city is on the rise for different reasons such as: vegetarian or vegan food culture, healthier food search without chemical compounds that can affect the health of people in the short, medium or long term, etc. That said, many people have their own orchards within the city seeking to improve their health or economy.

With the present project, an urban greenhouse of one cubic meter was designed and automated by means of microcontrollers, having a constant measurement of the relative humidity of the soil with which the necessary water can be supplied, minimizing losses due to irrigation, temperature control Air for proper leveling is essential to be able to give the necessary conditions to the plant to obtain results with high quality. Having a good control and operation of the different sensors and actuators seeks to reduce costs for maintenance and supplies.

Automation was carried out by means of microcontrollers reducing investment and maintenance costs, thus obtaining quality products minimizing losses, at an industrial level, automated greenhouses generally use PLC (Programmable Logic Controller) with which their investment costs are relatively high, Today, home automation processes have a high interest in people, said the above can automate an urban greenhouse through microcontrollers, in this way a very striking alternative for the general population is generated due to its low costs and good results.

Keywords: design, construction, greenhouse, humidity, microcontrollers, production, organic food

INTRODUCCIÓN

Es plausible el aumento por el interés de las personas por un consumo de alimentos saludables, dicho lo anterior las personas buscan alternativas para lograr sus objetivos; por lo tanto optan por tener sus propios huertos urbanos y poder consumir diversos alimentos hechos de una manera autónoma, adicionalmente existen varios negocios que se dedican a la producción de alimentos orgánicos, tales negocios están en la búsqueda de técnicas o procesos de cultivación que mejoren tanto la calidad de sus productos como sus producción anual y de esta manera mejorar su estabilidad económica.

Gran cantidad de personas desconfían de los procesos y técnicas de producciones industriales, con el temor de llegar a tener problemas en la salud por supuestos productos externos usados en la generación de alimentos de consumo masivo; por lo tanto, el aumento por el interés de consumo de alimentos orgánicos está en crecimiento.

En la actualidad, es posible automatizar diversos procesos domésticos como por ejemplo sistemas de video vigilancia, sistemas contra incendios, alarmas, etc. Dichos procesos se pueden realizar por medio de microcontroladores de tal manera que los costos de inversión son significativamente reducidos a comparación de herramientas de automatizaciones convencionales o industriales, esto indica que se puede automatizar un invernadero urbano por medio de microcontroladores.

Hoy en día se realiza la automatización de diversos sistemas con el fin de tener un mayor control, para lo cual se utiliza diferentes métodos de inspección, como por ejemplo PLC (Programmable Logic Controller) que son pequeñas computadoras que se las puede programar para realizar acciones automáticamente. La implementación de estos sistemas tiene costos elevados, lo cual es un problema de inversión inicial para los emprendedores de alimentos orgánicos que desean tener sistemas de producción autosustentable, huertos o invernaderos urbanos, los cuales requieren de espacios reducidos como jardines, terrazas, balcones, entre otros. Por otra parte, estos sistemas de control son equipos de nivel industrial, que son capaces de manejar numerosas señales de entrada y salida. Dicho lo anterior, el PLC sería una herramienta sobre dimensionada para pequeños sistemas de nivel doméstico que

no requieran numerosos sensores y actuadores, por lo tanto, sería una pérdida económica. Los emprendedores de locales de comida orgánica en la Ciudad de Quito no cuentan con sistemas automatizados de control para sus huertos urbanos debido a sus costos elevados, por lo que sus producciones son limitadas y ofrecen alimentos específicos en fechas específicas del año. Los invernaderos brindan las condiciones necesarias a las plantas para una producción continua y la automatización ayuda a generar productos de calidad debido a su mayor control; por lo tanto, mejorará la actividad económica de los emprendedores debido a que su producción será continua y no dependerá de fechas específicas en el año para poder producir, teniendo en cuenta que los productores de comida orgánica buscan productos saludables lo que implica no utilizar fertilizantes químicos o herbicidas que afectan al medio ambiente y tienen mayor probabilidad de generar algún tipo de daño a la salud de los consumidores.

Este proyecto está dirigido a emprendedores de producción de alimentos orgánicos que están en la búsqueda de sistemas autosustentables para una producción continua, libres de herbicidas y fertilizantes químicos en la Ciudad de Quito.

El objetivo general consiste en automatizar un invernadero urbano de aproximadamente tres metros cúbicos para controlar la humedad relativa por medio de microcontroladores y generar una producción constante de alimentos orgánicos.

Los objetivos específicos son:

- Investigar los tipos de huertos e invernaderos que utilizan los emprendedores en la Ciudad de Quito.
- Seleccionar el tipo de invernadero y el sistema de control más adecuado según las necesidades de los emprendedores.
- Construir un prototipo de invernadero urbano con un sistema de control adecuado que genere una producción constante de alimentos orgánicos libres de productos químicos.
- Validar la eficiencia del invernadero a través de los datos generados de los factores ambientales y de la producción de los alimentos orgánicos.
- Evaluar la factibilidad económica del proyecto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

En este capítulo se obtuvo las diferentes definiciones necesarias para poder tener una comprensión y entender claramente este proyecto, adicionalmente se investigó el crecimiento, el manejo y la implementación de los diferentes tipos de huertos e invernaderos en la Ciudad de Quito.

1.1 Invernaderos

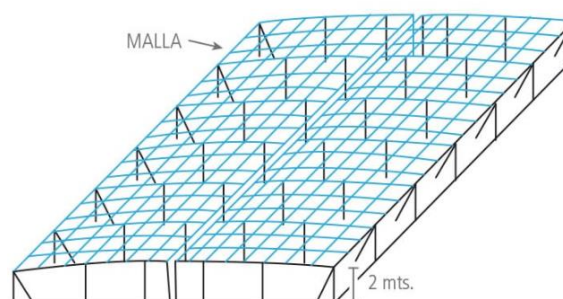
Los invernaderos son recintos cerrados, que pueden ser construidos con cubierta de acrílicos, vidrios o techo transparente (plástico) el cual permite el paso de luz solar para contener el calor en su interior, La radiación proveniente del sol genera calor que se acumula en la Tierra durante el día y se desprende lentamente durante la noche. Esta técnica de cultivo busca tener un control de las condiciones edafoclimáticas modificar el ambiente y sus condiciones en su interior para brindar a la planta las condiciones necesarias fuera de estación y que se genere una mayor producción. [10]

1.2 Historia

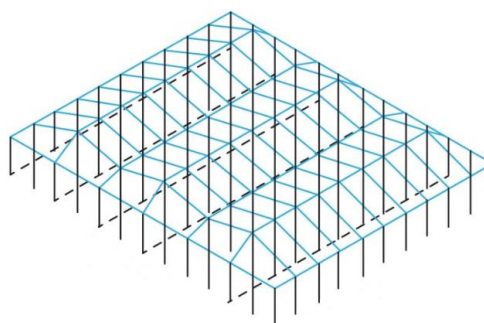
Los pioneros en utilizar invernaderos fueron los antiguos romanos (42 aC a 32 dC) para Tiberio, el Emperador, esta técnica se utilizó para cultivar pepino que era la comida favorita del emperador con lo cual lograron tener una producción prolongada. Sus primeros diseños de invernaderos consistían de una base de estiércol para la calefacción y hojas delgadas de mica que realizaban una función traslúcida; subsiguientemente los romanos mejoraron sus diseños y llegaron a tener invernaderos con el fin de poder cultivar vid y rosas. En el siglo XV se utilizó los invernaderos para fines medicinales. Los botánicos protegían a sus plantas medicinales con invernaderos sencillos, consiguientemente en el siglo XVI se desarrollaron mejoras a los invernaderos con lo cual obtuvieron invernaderos muy parecidos a los de hoy en día [6].

Tabla 1. Tipo de estructura de los invernaderos [11]

Tipo	Descripción
Plano (parral)	El invernadero tipo parral se utiliza en zonas de poca lluvia la cual dispone de una estructura horizontal y el otro vertical. Su parte superior es plana y puede llegar acumular agua, con una altura de cubierta entre 2.15 y 3.5 mts.



Invernadero en raspa amagado	Son invernaderos similares a los invernaderos tipo plano con el objetivo de poder evacuar el agua que se acumula en su parte superior, ya que el acumulamiento de grandes cantidades de agua puede llegar afectar su estructura.
---	--



Invernadero tipo diente de sierra.	Está destinado para el desarrollo de todo tipo de cultivos en climas tropicales con temperaturas altas y una alta humedad.
---	--



Invernadero multicapilla. Se usa en climas templados y fríos, pero se lo puede adaptar para todo tipo de condiciones climáticas. Su cubierta puede ser reforzada para climas extremadamente fríos y cargas de nieve. Permite una fácil instalación y es muy resistente a los vientos.



Invernaderos góticos Son muy similares a los invernaderos tipo capilla con la diferencia en que tiene una modificación sus arcos, permitiendo así un mayor volumen de aire proporcionando una mejor climatización e iluminación en su interior.



Invernadero tipo túnel Están enfocados para pequeñas superficies y cultivos de pequeño tamaño. Son invernaderos de estructura simple con una alta resistencia al viento, fáciles de construir y trasladar.



Invernaderos de cristal o tipo venlo Está compuesta por una estructura metálica que soporta una cubierta de vidrio. Generalmente se emplea al Norte de Europa, con alta tecnología que permite una climatización eficiente.



1.3 Invernaderos automatizados

Los invernaderos son espacios totalmente cerrados que permiten la entrada total o parcial de luz, usualmente se utilizan films de plásticos con características especiales aprovechando al máximo la energía radiante proveniente del Sol y mantener así una temperatura ideal en su interior, se puede usar otros materiales como acrílicos,

cristales o plásticos rígidos, etc. Existen cubiertas de sombra u otras formas de recubrimiento que pueden instalarse dentro del invernadero para aquellas plantas que necesitan menor cantidad de luz solar. [6]

Los invernaderos son una excelente herramienta para cultivar debido a que protege los cultivos de las variaciones climáticas y permite generar climas óptimos durante todo el año. Los invernaderos se los puede instalar para diferentes objetivos y materiales que depende del cultivo. Son cuatro factores ambientales (temperatura, humedad relativa, luminosidad, dióxido de carbono (CO₂)) para el desarrollo de los cultivos los cuales necesitan estar en rangos máximos y mínimos que depende de cada planta para así obtener resultados de calidad. [12]

1.4 Estructuras

Una estructura se la puede considerar como la unión de diferentes elementos que están unidos entre sí con el fin de cumplir un objetivo como: contener sólidos o líquidos (silos o piscinas), soportar cargas de empuje (muros de contención), unir tramos de tierra separadas (puentes), etc. [13]

1.5 Estructura de un invernadero

El esqueleto de un invernadero es su estructura que está diseñada por una serie de elementos que soportan diferentes fuerzas o cargas producidas por fenómenos climáticos como el viento, la lluvia, la nieve y diferentes cargas ejercidas por sujeción de plantas, instalaciones de riego, etc. Es importante que la estructura cumpla con ciertas características: Ser ligera, resistente, materiales económicos, de fácil conservación, debe poder ser ampliable, adaptable, cubiertas modificables, reducir al mínimo el sombreado y que tenga una buena libertad de movimiento interno. [14]

1.6 Huertos

Un huerto es el espacio determinado para poder cultivar principalmente diferentes tipos de vegetales y hortalizas, utilizados en su mayoría para la siembra de hortalizas, pero se lo pueden usar para sembrar todo tipo de planta, dependiendo de su función y objetivo existen diferentes tipos de huertos y variaciones que nos permite tener en ocasiones especiales árboles frutales. [15]

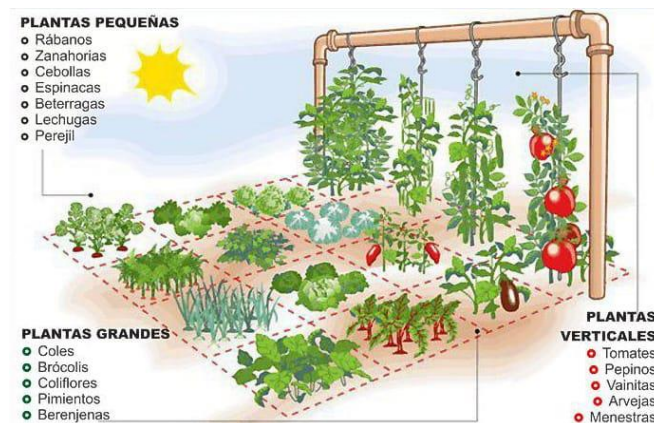


Figura 1. Huerto [16]

1.7 Huerto Urbanos

Los huertos urbanos son de una técnica para cultivos de hortalizas y frutos en la ciudad, focalizados para cultivos a escala doméstica. Dicha técnica empezó a popularizarse en la segunda guerra mundial. La tendencia de esta técnica se ha incrementado tanto en los países del primer mundo, segundo y tercero, convirtiéndose en una alternativa sostenible para la elaboración de productos frescos. Muchas personas lo consideran como un hobby apasionado y muy educativo para los más pequeños.

Los beneficios de los huertos urbanos son varios, tales como fomentar hábitos alimenticios más saludables, ahorro de dinero, cuidar el medio ambiente, aumentar zonas verdes en la ciudad. [16]

El proyecto AGRUPA del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito ha incentivado la utilización de huertos urbanos en la ciudad, teniendo buena acogida por parte de la ciudadanía. Es así como, el número de huertos urbanos ha crecido de un aproximado de 306 unidades en el año 2002 a 3313 unidades en el año 2017. En un inicio estos huertos fueron creados para el consumo propio; sin embargo, el excedente da la posibilidad de generar un ingreso económico adicional al dueño del huerto. La apropiada utilización de técnicas de cultivo permite obtener buenos resultados. No obstante, los huertos urbanos pueden tener altos rendimientos con la utilización de invernaderos y sistemas de automatización. [17]

Tabla 2. Tipos de huertos urbanos [18]

Tipos	Descripción
Huertos privados con fines de lucro	El objetivo principal de este tipo de huertos es generar cultivos para su posterior venta, obteniendo así ingresos para poder tener una economía estable, la venta de los productos generalmente se lo realiza a personas particulares, restaurantes, grupos de consumo, etc.
Huertos caseros o domésticos	Son huertos que se los construye en el interior o en el patio de una vivienda, dependiendo de su espacio o ubicaciones se lo puede construir en forma de jardines, en las terrazas, verticalmente, en ventanas, etc. Sus principales objetivos son poder generar un consumo propio y decorativo.
Huertos municipales	Son espacios que el estado cede o alquila con el objetivo de la recuperación y conservación de espacios urbanos con el fin de practicar y difundir la agricultura ecológica, cuscando un aprovechamiento educativo y formativo, etc.
Huertos comunitarios	Espacios sin costo, de libre acceso en donde las personas que vivan en la zona puedan practicar libremente la agricultura, compartiendo conocimientos y experiencias que resulten útiles y enriquecedoras, teniendo interacción de todas las edades, culturas e ideologías, fomentando los valores y actitudes sociales.
Huertos didácticos	Son huertos cuyo objetivo principal es la educación ambiental, generar conciencia en los jóvenes para el cuidado del ecosistema y medioambiente, brindando una formación agraria para que los jóvenes puedan aprender técnicas agrarias, generando una colaboración para su mantenimiento y cuidado.
Huertos terapéuticos	Huertos que tiene por objetivo la recuperación de todo tipo de paciente, generando un aumento en la distracción que promueva

su bienestar tanto físico como psicológico, los terapeutas están utilizando cada vez más esta práctica para centros de inserción social, hospitales, prisiones, escuela para personas discapacitadas, etc.

**Huertos
con
atractivo
turístico**

Tanto los restaurantes, hoteles, viviendas y todo tipo de espacio en el cual se desea mejorar su apariencia hacen uso de huertos con el fin de generar un ambiente más agradable para las personas que visiten esa zona generando así huertos urbanos decorativos, teniendo como plus el poder generar sus propios alimentos mejorando su estética.

1.8 Agricultura Ecológica

Agricultura ecológica, llamada también como agricultura orgánica, es un sistema que permite producir alimentos de calidad sin residuos de productos químicos cuidando el agua, el medio ambiente, suelo y el clima, combinando la ciencia e innovación evitando el uso de pesticidas que sea capaz de ocasionar algún daño a la salud de las personas, respetando los ciclos naturales de cada producto, buscando la sostenibilidad de la producción, aportando al desarrollo rural, la lucha contra el hambre y la pobreza. Un alimento es “orgánico” cuando se produce con un conjunto de procedimientos ecológicos que evitan el uso de sustancias artificiales como pesticidas, herbicidas y fertilizantes químicos, buscando así alimentos usar productos “naturales” que no contienen ingredientes sintéticos o artificiales. Un producto es “saludable” cuando tienen los nutrientes necesarios que le permita a las personas mantenerse sanas. [19]

1.9 Calidad y salud de suelo

Los diferentes tipos de estudio para los suelos consideran que la calidad se lo puede definir como el beneficio del suelo para un propósito específico en un tiempo determinado, dicho de otra manera, es la capacidad de uso del suelo en un período de tiempo que relaciona la productividad efectiva con la salud de diferentes recursos como el agua, el aire, plantas y animales. Por otra parte, la salud del suelo es el

estado de las propiedades dinámicas del suelo como: materia orgánica, diversidad de organismos y productos microbianos. [20]

Tabla 3. Indicadores de la calidad del suelo [21]

Tipo	Indicadores de calidad de suelo
	Los indicadores físicos del suelo indican como este recurso acepta retiene y transmite el agua a las plantas, densidad aparente, infiltración, profundidad de suelo, conductividad hidráulica, crecimiento de las raíces, plántulas, etc.
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> - Textura: Transporte y retención de agua y compuestos químicos. - Profundidad del suelo: Se evalúa la probabilidad de la producción potencial y erosión del suelo. - Capacidad de retención del agua: Material orgánico, textura, humedad, relación de retención del agua y nutrientes.
Químicas	<p>Los indicadores químicos analizan la relación entre suelo y planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo, disponibilidad de agua, nutrientes y microorganismos, disponibilidad de carbono orgánico, PH, conductividad eléctrica, capacidad de absorción, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material orgánico: Fertilidad del suelo, estabilidad y erosión. - PH: Actividad química y biológica. - Conductividad eléctrica: Actividad vegetal y microbiana. - Nutrientes
Biológicas	<p>Los indicadores biológicos estudian los componentes que afectan a la calidad del suelo, cantidad y subproductos de micro y macroorganismos, indican el potencial microbiano catalítico, y depósitos para el Carbono y Nitrógeno, efectos del manejo del material orgánico.</p> <p>Estudia actividad microbiana y actividad de la biomasa.</p> <p>Calcula la capacidad de producir del suelo y sus niveles de N</p>

1.10 Fisiología de los cultivos

Las hojas son los receptores de la energía solar mediante la fotosíntesis. Por medio de las estomas de las hojas se genera el intercambio de gases para la fotosíntesis y también la transferencia de agua. La raíz por otro lado además de tener la función principal de anclaje al suelo se ocupa de la absorción de agua y minerales. El tallo y ramas son los conductos principales para la circulación de la savia entre los diversos órganos. Los meristemos sintetizan las hormonas de crecimiento de la planta. Los fisiólogos se enfocan en dos aspectos para la actividad vegetal. El desarrollo y crecimiento, ambos condicionados por el factor del medioambiente. El desarrollo tiene que ver con la germinación, sucesión de hojas, diferenciación de yemas y floración siendo nociones cualitativas. El crecimiento tiene que ver con la variación de tamaño y peso de los diferentes órganos formados y tiene una noción cuantitativa. El rendimiento incluye los aspectos cualitativos y cuantitativos que son factores complejos de medir y valorar por la repercusión de los resultados económicos. [10]

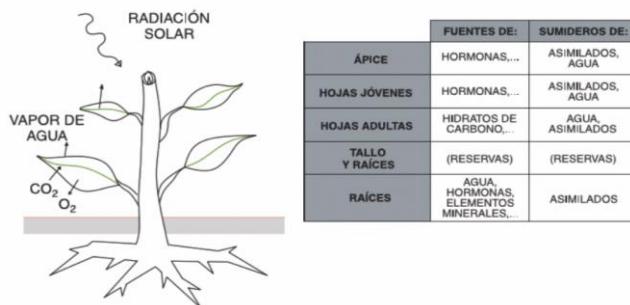


Figura 2. Fisiología de la planta [21]

1.11 Radiación global

La energía que proveniente del sol que llega a la Tierra es la suma de la luz difusa y la luz directa. La luz directa son las radiaciones solares que llegan a la superficie terrestre directamente; la luz difusa es la luz solar que nos llega después de haberse difundido las radiaciones solares en las capas atmosféricas al atravesar éstas. A la suma de la luz difusa y la luz directa se le denomina -radiación global-, que es la energía total de origen solar que recibe una superficie horizontal de un centímetro cuadrado durante un espacio de tiempo determinado (segundo, minuto, hora, día).

La cantidad de energía que llega a la ionosfera es de 1,94 calorías/gramo por centímetro cuadrado y por minuto; aproximadamente un 50 por 100 alcanza la superficie terrestre, perdiéndose el resto por reflexión y absorción. La radiación global se mide con el aparato llamado actinógrafo. [21]

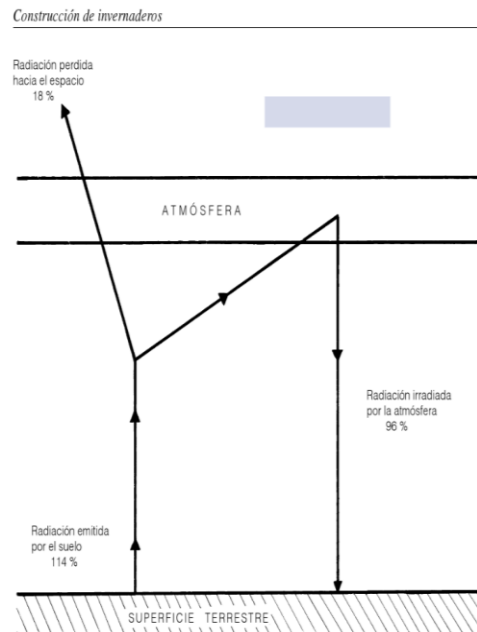


Figura 3. Radiación global [21]

1.12 Energía radiante

La energía radiante emitida por el sol se propaga en todas las direcciones del espacio. Esta energía llega a la superficie terrestre como ondas electromagnéticas, se la puede medir en -longitud de onda- que es la longitud entre dos puntos consecutivos en un mismo eje que tiene la onda de propagación. [22]

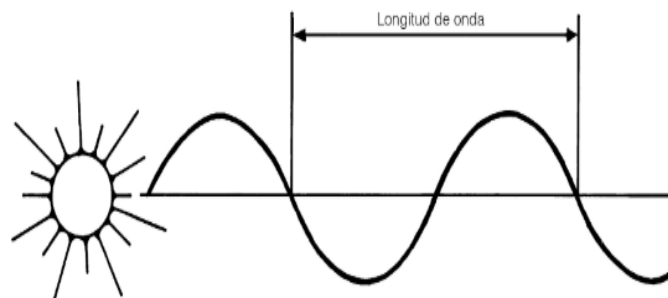


Figura 4. Energía radiante [22]

1.13 Efecto invernadero en la atmosfera

La radiación electromagnética emitida por el Sol se convierte en energía calorífica al momento que todos los objetos y superficies en la Tierra se calienta por dicha radiación, esta manera la energía calorífica se transmite a la atmosfera por diferentes fenómenos físicos: radiación, conducción, convención y reflexión, el vapor de agua que existe en la atmosfera de la tierra absorbe el calor emitido por todos las superficies y objetos de la tierra en un 85 por 100, en otras palabras el vapor de agua de la atmosfera retiene el calor emitida por la tierra en un 85 por 100 y es así como la atmosfera terrestre cumple como la función de cubierta de un invernadero.[22]

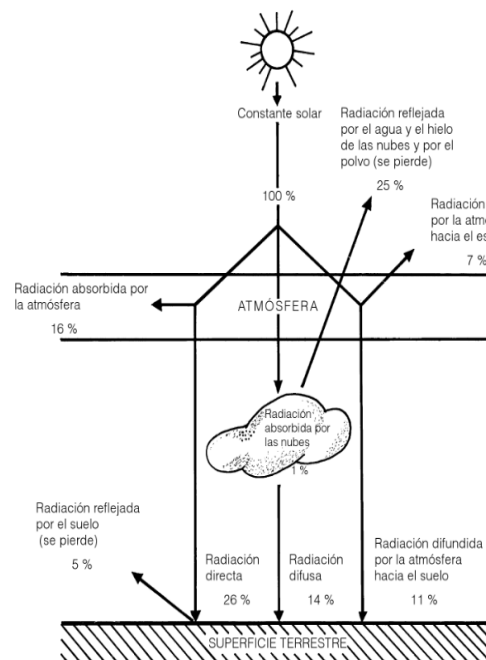


Figura 5. Efecto invernadero en la atmosfera [22]

1.14 Objetivos del cultivo protegido

El objetivo de tener cultivos protegidos es modificar su entorno natural a través de diferentes técnicas y con esto alcanzar funciones optimas y aumentar las producciones ofreciendo cultivos de calidad. Por otro lado, también es empleado para proteger los cultivos de los climas extremos y de esta forma hacer un uso más eficiente del suelo, agua, energía, nutriente y espacio.

1.14.1 Principales objetivos

Tabla 4. Principales objetivos del cultivo protegido. [10]

Objetivo		Descripción
Producción fuera de temporada		Por medio de la técnica de cultivos protegidos se busca extender y producir alimentos fuera de temporada, con productos de mayor calidad.
Aumento de producción	de	Se puede entender los periodos de cosecha y también se puede reducir los tiempos de ciclo vegetativo, con un correcto uso de los recursos se puede aumentar el rendimiento de las plantas de 3 a 5 veces más de su producción normal.
Control de temperatura	de	Los cultivos protegidos buscan mantener la temperatura del aire adecuado por medio de ventiladores, maquinas, etc. Para evitar daños en los cultivos brindándole a la planta la temperatura ideal para su mayor crecimiento y producción.
Control de aire		Es importante tener una adecuada renovación del aire en el interior del invernadero para poder controlar no solo la temperatura del aire, también se puede controlar la humedad y el CO ₂ .
Control de plagas		Se puede controlar la calidad de aire que ingresa con el objetivo eliminar o minimizar las plagas y enfermedades en las plantas y frutos, por otra parte, con una simple fumigación se puede eliminar todas las plagas que puedan llegar a generarse.
Control de riego		Por medio de sistemas de riego localizados se puede tener un mejor control, optimizando el agua como recurso y disminuyendo costos. El viento genera deshidratación en las plantas y tierra de cultivos al aire libre, evitando este fenómeno con los cultivos protegidos.

Tabla 5. Objetivos principales de la agricultura orgánica [10]

Numero	Objetivos principales de la agricultura orgánica.
1	Aumentar los diferentes tipos de vida y de adaptaciones de los organismos al ambiente.
2	Incrementar la actividad biológica del suelo.
3	Conservar a largo plazo la fertilidad del suelo.
4	Minimizar los desechos y devolver nutrientes a la tierra con una buena práctica reduciendo el consumo de recursos no renovables.
5	Ocupar principalmente recursos renovables Fomentar el uso responsable del suelo, agua y aire minimizando
6	desechos que puedan causar contaminación resultados de las prácticas agrícolas.

1.15 Eficiencia de riego

Se puede decir, de una manera muy general, que un sistema de riego es eficiente cuando el cultivo aprovecha un porcentaje mayor las 70% del agua suministrada, se necesita la ponderación de 3 aspectos para poder definir si un sistema de riego es eficiente o no. En su gran mayoría los sistemas de riego son ineficientes, en estados unidos alrededor del 25% de la energía que se emplea en diferentes sistemas de riego no se la aprovecha adecuadamente, otro problema que puede dar como resultado grandes pérdidas económicas es el exceso de riego que se lo puede asociar normalmente a una mala manipulación de los equipos. Dicho lo anterior se puede resumir que el desperdicio de agua en los sistemas de riego se relaciona con el poco control y las características propias del suelo a regar. [23]

Tabla 6. Eficiencia de riego [23]

Tipo	Descripción
Eficiencia de aplicación	Es la relación de la totalidad del agua aplicada con la cantidad de agua que no es retenida en la zona radicular.
Eficiencia de almacenamiento	La cantidad de agua que queda almacenada en el suelo.
Eficiencia de uniformidad	La uniformidad que el agua es entregada al suelo por lo emisores

1.16 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado que se lo puede programar para ejecutar ordenes grabadas. Los microcontroladores tienen tres unidades funcionales y principales de una computadora: El procesador, memoria, periféricos de entradas y salidas funcionando, los microcontroladores disponen de microprocesadores que son circuitos centrales que tienen como función recibir, analizar y calcular toda la información. Los circuitos integrados están “impresos”, Los microcontroladores tienen una amplia aplicación para todo tipo de inventos que se los requiera automatizar, buscando una mayor calidad, aumentando niveles de producción y minimizando costos de producción. [24]

1.17 Huertos urbanos en la Ciudad de Quito

Para poder aumentar la calidad de los alimentos y minimizar la pobreza en los sectores críticos o de mayor vulnerabilidad. El Ecuador desde el año 2000 generó el proyecto de agricultura urbana participativa (AGRUPAR) en los barrios rurales, urbanos y periurbanos de la Ciudad de Quito, teniendo un gran éxito en el 2013, por lo que se alcanza a desarrollar 1072 huertos activos, 140 huertos comunitarios, más de 800 huertos familiares, 128 huertos implementados en centros educativos, 314 unidades de producción animal de granja ayudando así a establecer microcréditos, microempresas y una comercialización estable por lo cual la FAO nombró a Quito como una de las ciudades -más verdes- de Latinoamérica y El Caribe. El proyecto AGRUPAR aplica técnicas agroecológicas que se concentran en producir alimentos

sanos para poder desarrollar un consumo familiar y local de tal forma que les permita generar los alimentos suficientes para poderlos vender en un mercado consistente, fomentando la participación para niños, jóvenes, mujeres, adultos y adultos mayores. En el año 2015 se rehabilitaron 29 hectáreas, de las cuales el 47% de su producción está destinado a la comercialización y el 53% para un autoconsumo, permitiendo reciclar 20 Kilos de basura doméstica y generando 70 especies comestibles. Se llega a generar una producción estimada de 500.000 kilos de alimento anuales con más de 100.000 consumidores responsables, llegando a tener 4.000 agricultores involucrados. En el 2017, en la capital del Ecuador, en la Ciudad de Quito se reportaron alrededor de 3312 huertos entre urbanos, periurbanos y rurales. [25]

Los datos obtenidos por la INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el año 2015, la superficie agropecuaria de Ecuador fue de 5414.388 hectáreas, destinando 1578.540 hectáreas para cultivos permanentes, 1218.836 hectáreas para cultivos transitorios y 2617.012 hectáreas para pasto cultivado, teniendo en cuenta que 178.245 hectáreas del Ecuador se perdieron por motivos naturales o antrópicos. [26]

Ecuador en el año 2015, llegó a tener alrededor de 500 fincas dedicadas a la floricultura con 4218 hectáreas, gracias a sus condiciones geográficas y climatológicas se logra comercializar y exportar todo tipo de flores, rosas, claveles, etc. durante todo el año, aumentando su nivel de exportación de 300.000,00 USD en el año 2003 a 800.000,00 USD en el año 2013. Pichincha llega a ocupar el 65% de tierra utilizadas en florícolas que es una aproximado de 2741.7 hectáreas de las cuales el 26% están ubicadas en la Ciudad de Quito, lo cual nos da un total de 712.842 hectáreas para la floricultura en el año 2015. [27]

1.18 El Tomate

El tomate es considerado una hortaliza de la familia *Solanaceae* cuyo nombre científico es *Lycopersicon esculentum* Mill, es una planta anual o bianual de origen de centro y Sudamérica, apreciado en diversos países del mundo por su alta demanda, tiene una amplia variedad de sub productor o para su consumo fresco motivo por el cual grandes y pequeños productores optan por su producción,

adicionalmente en la horticultura mundial, el tomate representa uno de los rubos más versátiles. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) estima que el tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo, principalmente el consumo fresco e industrial, alcanzando 4.7 millones de hectáreas (ha) con una producción de 164 millones de toneladas (t) en el 2013. [28]

1.19 El Tomate en el Ecuador

El promedio de consumo por persona en el Ecuador es de 4 kilos de tomate al año, debido a su sabor, alta variedad de preparación y sus beneficios por ser un alimento de fácil digestión, actúa como un fuerte estimulante para el apetito. Un tomate tiene 95% de agua, 0.3% de grasas, 1% de proteína 0.5% de celulosa adicional contiene micronutrientes como calcio, hierro, fosforo, vitaminas A, B y C, conteniendo 25 calorías por cada 100 gr. En los mercados locales del Ecuador en Quito, se comercializan, principalmente, ocho tipos diferentes de tomate: Fortaleza, Cherry, Chonto, Pietro, Charleston, Titán, Sheila. En el 2011, se contabilizaron 3333 hectáreas de tomate con una producción de 61426 toneladas. Según el censo del 2000 las tomateras se encuentran ubicadas en la Provincia de Santa Elena, valles de Azuay, Imbabura y Carchi. [29]

1.20 Estudios científicos del Tomate

En el 2019 se reportó que una de las principales hortaliza de mayor consumo en el mundo es el tomate, con una producción de 182 toneladas anuales, tal demanda provoco que los productores se enfoquen en el tamaño y producción de dicha hortaliza, afectando así a su sabor y la sostenibilidad, para lo cual un grupo de científicos realizaron una investigación con el objetivo de conseguir toda la información genética de los tomates, buscando ayudar a los agricultores a mejorar su producción sin afectar al sabor del fruto y mejorando la resistencia a las enfermedades. Los investigadores provenientes de Estados Unidos, China, Israel y España identificaron 5000 nuevos genes en el tomate. El estudio fue publicado el 13 de Mayo del 2019 en **Nature Genetics**, explica que el descubrimiento con mayor importancia es el hallazgo del gen **TomLoxc** fundamental para el sabor de los tomates. [30]

1.21 Requerimientos edafoclimáticos

A pesar de que el tomate puede tener la capacidad de cultivo en diferentes condiciones medioambientales, existen condiciones óptimas para un mejor crecimiento y producción. El tomate es poco exigente con el suelo, debe tener un buen drenaje, alto contenido de material orgánico, el PH óptimo para el tomate debe ser entre 6 y 6.5. El tomate prospera en un clima con 18 y 30 grados centígrados, temperaturas por debajo de los 10⁰ C afecta a la formación de flores de la planta y temperaturas mayores a 35⁰ C afecta a la fructificación. Temperaturas menores a 10⁰ C en la noche, afecta tanto al desarrollo de la planta y a sus frutos ocasionando deformidades. La humedad relativa favorable es de 60 y 80%, debido a que la humedad relativa mayores fomenta el desarrollo de enfermedades por motivo de que el polen se compacta afectando a la flor. Con respecto a la luminosidad, el tomate necesita un mínimo 6 horas diarias de luz directa para poder florecer. La cantidad de agua que el tomate necesite depende directamente de la capacidad de la tierra para retener el agua, el tomate sensible al estrés hídrico, afectando drásticamente si la humedad de la tierra es muy baja tanto por falta de riego, evaporación acelerada o un poco retención del agua en la tierra, afectando así al tamaño y número de frutos. [28]

Tabla 7. Requerimientos edafoclimáticos para la planta de tomate cherry

Tipo	Rango	Descripción
PH	6-6.5	Rango necesario para que la planta pueda absorber fácilmente los nutrientes de la tierra.
Temperatura	25-30°C	El clima óptimo para la germinación.
Temperatura	21-24°C	Para mayor desarrollo, temperatura recomendada.
Temperatura	18-20°C	Para un desarrollo normal.
Luz	6 h	Cantidad necesaria de luz para un desarrollo óptimo.
Altura	1.80 m	Recomendación de cada tipo de tomate indicada en su empaque.
Agua	1 L	De acuerdo a los estudios realizados cada planta de necesita como un litro de agua diario.

Elaborado por: Sebastian Herrera

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se detalla la metodología para poder realizar el proceso de toma de decisiones, la cual tiene cinco fases que se explica y desarrollará una a una.

2.1 Modelo de toma de decisiones

Tabla 8. Modelo de toma de decisiones

Fases	Pasos	Objetivos
Fase 1: Definición del objetivo principal. FODA	Encontrar las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del producto que permita al proceso de toma de decisiones.	Evaluar las condiciones para aplicar el procedimiento para definir el objetivo principal.
Fase 2: Generación de alternativas:	Generar todas las alternativas posibles o necesarias para el diseño.	Obtener un conjunto de alternativas que den solución al problema.
Fase 3: Generar una ponderación según los diferentes criterios.	Determinar la importancia de los criterios y seleccionar criterios y subcriterios.	Selecciona un conjunto de criterios y subcriterios para determinar su importancia relativa.
Fase 4: Selección de alternativas.	<ul style="list-style-type: none"> - Generar matriz de evaluación de las alternativas. - Seleccionar técnica matemática. - Obtener matriz global. 	Seleccionar la mejor alternativa de decisión de acuerdo con el mayor puntaje.

-Obtener ranking de las alternativas para seleccionar la mejor alternativa.

Fase 5:

Medición de la efectividad y mejora.

- Determinar los diferentes indicadores.
- Comparar los resultados.

Evaluar la efectividad de la decisión tomada.

Elaborado por: Sebastian Herrera

2.1.1 Fase 1

Se encontraron las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del producto que permita al proceso de toma de decisiones que son listadas en la tabla 9.

Tabla 9. FODA [31]

FODA	
<p>Fortalezas.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Producto con precios accesibles al consumidor. -Productos 100% naturales. -Tendencias de consumo de productos naturales. -Productos con alta calidad. -Mayor ahorro de agua y energía. -Producción anual constante. -Bajos costos de inversión y mantenimiento. -Facilidad del uso y manipulación del invernadero. -Producto innovador. 	<p>Oportunidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Productos diferenciados por sus beneficios. -Alto interés del consumidor. -Crecimiento de consumo de productos naturales en el mercado.
<p>Debilidades.</p>	<p>Amenazas.</p>

- | | |
|---|--|
| -Se necesita un espacio considerable en el interior de las viviendas. | -Gran variedad de productos competitivos. |
| -Escasa inversión para el desarrollo de esta técnica urbana. | -Altos controles por el ministerio de salud. |
| | -Alto nivel de copia de producto. |
-

2.1.2 Fase 2

Generar todas las alternativas posibles o necesarias para el diseño.

Para poder construir un invernadero urbano automatizado se necesita estudiar, las alternativas son las siguientes:

- Material de cubierta.
- Material de estructura.
- Tipo de estructura.
- Sistema de control.
- Sistema de riego.
- Plantas.

2.1.3 Fase 3

Determinar la importancia de los criterios y seleccionar criterios y subcriterios.

Por medio de las siguientes tablas se ponderará los diferentes elementos necesarios para poder construir un invernadero urbano automatizando, calificando con un 10 para un valor muy satisfactorio y 1 para una calificación insatisfactorio.

- **Costo:** 1 = costo muy alto. 10 = costo muy bajo.
- **Mantenimiento:** 1= Alta frecuencia de mantenimiento. 10= baja frecuencia de mantenimiento.
- **Manejo:** 1= Fácil de su instalación y manipulación, 10 = Difícil de instalar y manipular.
- **Durabilidad:** 1 = Alto tiempo de vida útil. 10= Bajo tiempo de vida útil.
- **Construcción:** 1= Estructura difícil de construir. 10= Estructura fácil de construir.
- **Instalación:** 1 = Facilidad de instalar el sistema de control. 10 = Difícil de instalar el sistema de control.

- **Precisión:** 1= Baja precisión de información. 10 = Alta precisión de información.

- **Ahorro de agua:** 1 = Alto consumo de agua. 10 = Bajo consumo de agua.

Se genera una Tabla para poder realizar la ponderación y selección la mejor opción. La ponderación se basará de acuerdo con criterio de costos, mantenimiento, facilidad de manejo y durabilidad.

Tabla 10. Ponderación del material de cubierta

Tipo	Costo	Mantenimiento	Manejo	Durabilidad	Ponderación
Vidrio	3	8	2	9	22
Plástico rígido	5	4	6	8	23
Film de plástico	8	4	8	7	27

Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 11. Ponderación de la materia de estructura

Tipo	Costo	Mantenimiento	Manejo	Durabilidad	Ponderación
Madera	9	5	9	6	29
Acero	7	8	2	8	25

Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 12. Ponderación del tipo de estructura

Tipo	Costo	Mantenimiento	Construcción	Durabilidad	Ponderación
Capilla	8	8	9	7	32
Cierra de diente	8	6	8	6	28
Plano	9	5	8	6	28
Semielíptico	6	6	7	5	24
Túnel	6	5	7	5	23

Venlo	1	6	2	10	19
--------------	---	---	---	----	----

Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 13. Ponderación del sistema de control

Tipo	Costo	Mantenimiento	Facilidad de uso	Instalación	Precisión	Ponderación
Micro controlador PLC.	9	8	9	8	9	43
Control eléctrico (Timer-relé)	1	2	2	1	10	16
	7	7	6	7	4	31

Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 14. Comparación y ponderación de tarjetas arduino

Modelo	Procesador	IN/OUT Analógicos	IN/OUT digitales	Salidas PWM	SRAM (KB)	EEPROM (KB)	Ponderación
Nano	ATMEGA 328P	8/0	14/6	6	2	1	6
Uno	ATMEGA 328P	6/0	14/6	6	2	1	9
Leonardo	ATMEGA 32U4	12/0	20/7	7	2.5	1	9
Mega	ATMEGA 2560	16/0	54/15	15	8	4	9

Elaborado por: Sebastian Herrera

En este proyecto se utilizaron tres sensores y dos actuadores, por lo cual las placas de Arduino UNO, Leonardo y Mega estarían cumpliendo con los requisitos necesarios, se optó por la placa Arduino UNO debido a su fácil adquisición en el mercado y bajos costos.

Tabla 15. Comparación y ponderación de sensores de temperatura de aire

Sensor	Humedad (RH)	Precisión (RH)	Temperatura	Precisión	Frecuencia muestreo	Ponderación
DHT11	0 – 80 %	4%	0 a 50 ⁰ C	±2.0 ⁰ C	2 segundos	7
DHT22	0 – 100 % POD. (9)	5% POD. (9)	-40 a 80 ⁰ C	±0.5 ⁰ C	2s segundos	9
INFRA RROJO MLX90614	NA	NA	-40 a 85 ⁰ C	±0.5 ⁰ C	NA	5

Elaborado por: Sebastian Herrera

A pesar de que en la comparación de las características de los sensores la ponderación de mayor valor es del sensor DHT22, se ocupó el sensor DHT11 debido a que existe mayor facilidad de adquisición en el mercado.

Tabla 16. Comparación y ponderación de sensor de humedad de suelo

Sensor	Tipo	V alimentación	Tiempo de vida	Disponibilidad	Ponderación
FC 28	Resistivo	3.3-5 V	2 semanas (Bajo)	SI	9
DFRobot	Capacitivo	3.3-5 V	3 años (Alto)	NO	8
ICStation	Resistivo	3.3-12 v	1 año (Alto)	NO	8

Elaborado por: Sebastian Herrera

En este proyecto se escogió como sensor de humedad relativa del suelo el modelo FC-28 debido a que el resto de sensores no se encuentran en el mercado local y se necesita importarlos.

Tabla 17. Ponderación del sistema de riego

Tipo	Ahorro de agua	Mantenimiento	Costo Inversión	Ponderación
Micro Aspersión	6	7	4	22
Goteo.	7	7	7	18
Subterráneo	8	4	5	17
Tubería Porosa	8	4	4	16

Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 18. Comparación y ponderación de sensor de CO2

Sensor	V Trabajo	Rango (PPM)	Temperatura trabajo (°C)	Gases detección	Ponderación
MQ135	5v DC	10–10.000	-20 a 50	Amoniac, Dióxido de nitrógeno, Alcohol, Benceno, dióxido y monóxido de carbono	9
MG 811	5v DC	400–10.000	-20 a 50	Dióxido de carbono (CO2)	8

Elaborado por: Sebastian Herrera

En este proyecto se escogió el tomate cherry como planta con el fin de poder realizar los diferentes estudios económicos, para poder generar la automatización con las

condiciones necesarias de la misma, estimando la producción constante durante todo el año por medio del invernadero y su automatización.

2.1.4 Fase 4

De acuerdo a la ponderación generada en los distintos criterios necesarios para el diseño del invernadero urbano automatizado se opta por escoger las alternativas con mayor ponderación, tales alternativas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 19. Resultados de la ponderación

Alternativas	Elementos seleccionados	Ponderación
Material de cubierta	Film de plástico	27
Material de estructura	Madera	29
Tipo de estructura	Tipo capilla	32
Sistema de control	Micro controladores	43
Sistema de riego	Sistema de riego por goteo	20
Sensor de humedad	FC 28	9
Sensores de temperatura	DHT-11	7

Elaborado por: Sebastian Herrera

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

De acuerdo con lo evaluado en el capítulo II (toma de decisiones) se optó por el diseño del invernadero urbano tipo capilla, con un sistema de automatización por medio de microcontroladores; el invernadero dispone de varios sensores: un sensor de humedad relativa de la tira y un sensor que medirá la temperatura del aire y su humedad relativa, el invernadero dispone de dos ventiladores de 140mmx140mmx25mm. Se puede visualizar los planos en el Anexo A.

La planta que se escogió es el tomate cherry, existen algunas variedades de este tipo de tomate, se detallaran las principales características y recomendaciones de dicha planta para poder alcanzar la mayor producción posible.

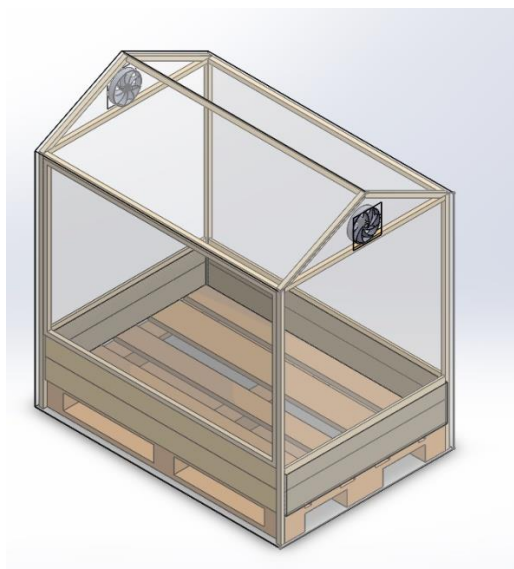


Figura 6. Diseño final del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera

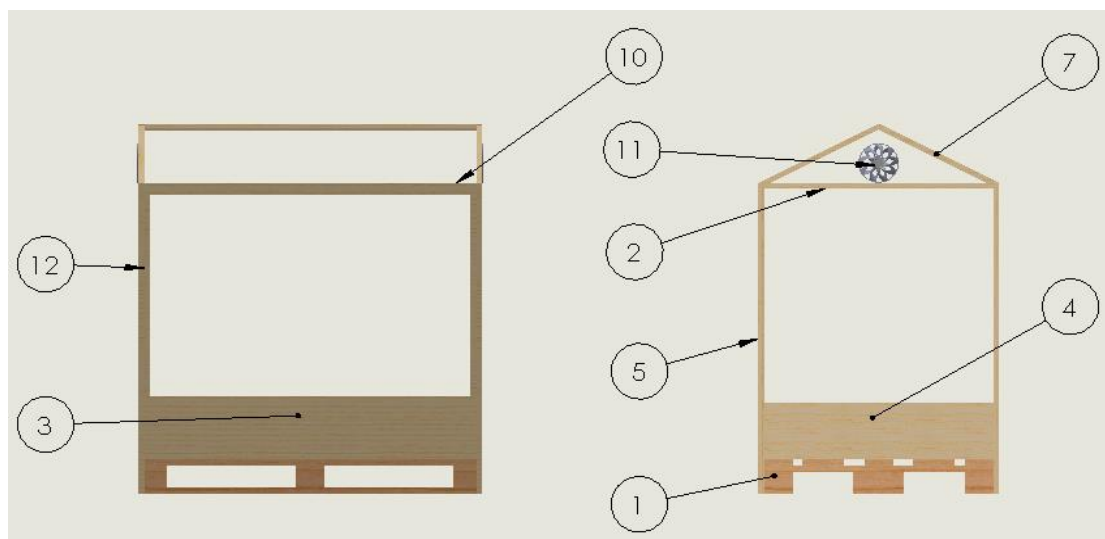


Figura 7. Numeración partes del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera

Tabla 20. Listado y detalle de piezas del invernadero

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Palet	Palet de madera de 1m x 1.20	1
2	Viga secundaria	Sección de viga de pino 3x3cm	2
3	Madera laterales largo	Madera de 30cm de alto x 1.40cm largo	4
4	Madera laterales ancho	Madera de 30cm de alto x 40 cm de largo	4
5	PALSTICO NEGRO	Film plástico color negro	1
5	Columna principal	Columna principal de sección de 3x3 cm	4
7	TECHO	Madera de sección de 3x3cm	4
9	Viga principal	Madera de sección de 3x3cm x 1.20m de largo	3
10	Plástico cubierta perforada	Film plástico transparente para invernaderos	1
11	Ventilador	Ventiladores de 140x140mm	2
12	Puerta		1

Elaborado por: Sebastian Herrera

3.1 Diseño de estructura de madera

El tomate es una planta herbácea decumbente esto significa que la planta no soporta su propio peso, por lo cual necesita guías verticales para que la planta pueda crecer de una forma adecuada y así se puede obtener un mejor aprovechamiento de la luz y del espacio en el interior del invernadero, controlando su altura y el crecimiento de su diámetro de crecimiento; dependiendo del tipo de tomate, existen alturas recomendadas, en el caso del tomate cherry Pomodoro Príncipe Borhgese, el recipiente recomienda una altura de 1.80m como máximo, el ancho de la plata se lo

puede controlar con diferentes guías, con lo cual se tomará como 40cm de diámetro por planta con lo cual se ocupara 1 m de ancho x 1.20m de largo x 1.80m de altura. Las piezas críticas en este proyecto son la viga principal y la columna, porque estos dos elementos son los que soportaran el peso total, motivo por el cual son las que se diseñaron.

Las estructuras de acero, madera o de cualquier tipo de material tienen que ser diseñadas para que soporten cargas combinadas. Cargas vivas, muertas, cargas medioambientales como el viento, etc. basándose en guías o normas de construcción de cada municipio que autoriza cada país, en el Ecuador la norma de construcción es la **NEC** (Normas Ecuatorianas De Construcción), la mayor cantidad de diseños de madera se realizar con el método de diseño por esfuerzos admisibles. [32]

3.2 Esfuerzos admisibles de la madera

El método de cálculo por esfuerzos admisibles o esfuerzos de flexión se lo aplica cuando el máximo esfuerzo de la viga es inferior al límite elástico, debido a que se basa en la hipótesis elástica que nos dice que el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria, dicho de otras maneras, una sección plana antes de la flexión permanece plana después de aplicar las cargas. [32]

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S} \quad (1)$$

Donde:

M= Momento máximo

S= Modulo de sección elástico

I= Momento de Inercia

c= Distancia del plano neutro a la fibra más alejada.

Se realizó los cálculos en los elementos principales (viga y columna) para determinar el peso máximo que soporta la viga principal y se realizara el análisis de esbeltez para la columna, adicional se realizó un cuadro comparativo en Excel para poder determinar la mejor opción en comparación de secciones de distintos tipos de madera para obtener ahorros económicos con el material.

Se tiene un invernadero urbano de madera de 1.10m de ancho por 1.20m de largo y 1.80m de alto, el cual se le aplica una carga distribuida de 37kg/m, la madera es de Pino con una sección cuadrada de 4cmx4cm. Determinar la carga nominal que se puede aplicar en la viga. Las propiedades mecánicas del pino se lo pueden observar en el Anexo C.

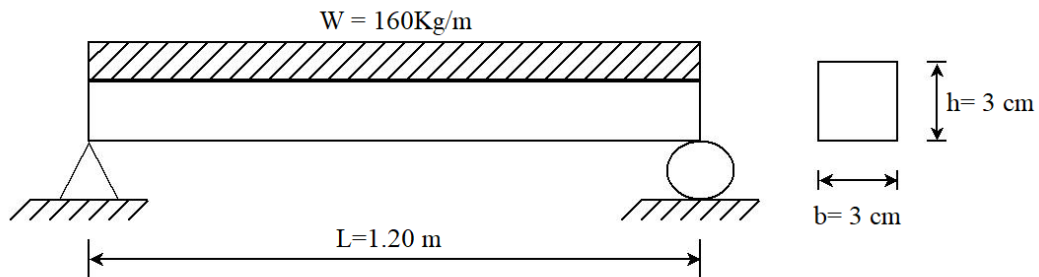


Figura 8. Ilustración de viga. Elaborado por: Sebastian Herrera

$$A = (3\text{cm})(3\text{cm}) = 9\text{cm}^2$$

$$I = \frac{bd^3}{12} \text{ Momento de inercia} \quad (3)$$

$$I = \frac{(3\text{cm})(3\text{cm})^3}{12} = 6.75\text{cm}^4$$

$$c = \frac{a^3}{6} \text{ Modulo de seccioin para secciones cuadradas} \quad (4)$$

$$c = \frac{a^3}{6} = \frac{3\text{cm}^3}{6} = 4.5 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{pino}} = \frac{0.39 \text{ gr}}{\text{cm}^3} \quad \rho = \text{densidad del pino}$$

$$V = AL \text{ Volumen de la viga} \quad (5)$$

P1 es el peso propio de la viga, el cual está en función de m y se lo obtiene multiplicando el volumen de la viga por su densidad.

$$P1 = V\rho; P1 = (1080\text{cm}^3) \left(0.39 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = 421.2\text{gr} = 0.4212\text{Kg/m}$$

Debido a que está en función de m, se lo multiplicara para la distancia de la viga para poder obtener su peso puntual.

$$P1 = \left(\frac{0.4212 \text{ kg}}{\text{m}} \right) (1.20 \text{ m}) = 0.50544 \text{ kg}$$

P2= peso promedio de una persona, se agrega el peso de una persona para poder calcular el peso máximo que la viga soporta, se agrega este peso para dar mayor seguridad a la estructura en el caso de que un individuo decida subirse al invernadero para realizar algún tipo de mantenimiento.

$$P2=150\text{lb}=68.039\text{kg}$$

$$P \text{ total} = P1 + P2$$

$$P \text{ total} = 0.50544 \text{ kg} + 68.039 \text{ kg}$$

$$P \text{ total} = 68.544 \text{ kg}$$

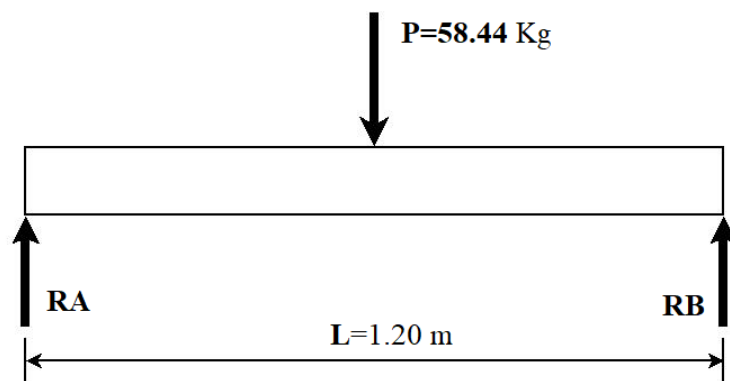


Figura 9. Diagrama de cuerpo libre de la viga. Elaborado por: Sebastian Herrera

Se realizó el diagrama de cuerpo libre para poder determinar las reacciones en cada soporte y el momento máximo.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$RA + RB - P = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-P \cdot 0.60 \text{ m} + RB \cdot 1.20 \text{ m} = 0$$

$$RA = 34.272 \text{ kg}$$

$$RB = 34.272 \text{ kg}$$

$$A1 = 34.272 \text{ kg} \cdot 60 \text{ cm}$$

$$A1 = A2 = 2056.32 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Momento.maximo} = 2056.32 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Se realizo el diagrama de Reacciones obteniendo así el momento máximo para poder realizar a continuación el diagrama de momentos.

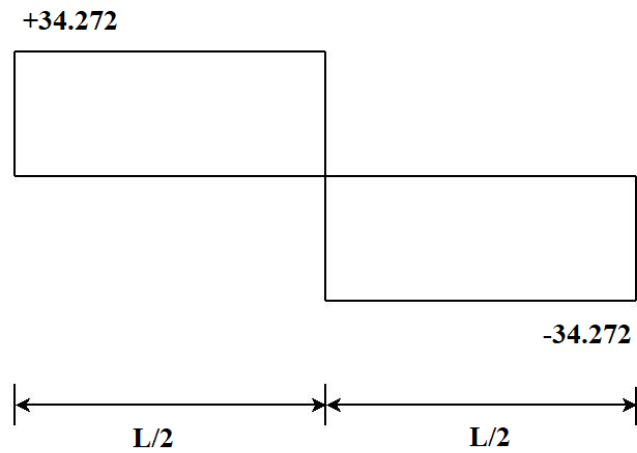


Figura 10. Diagrama de fuerzas cortantes. Elaborado por: Sebastian Herrera

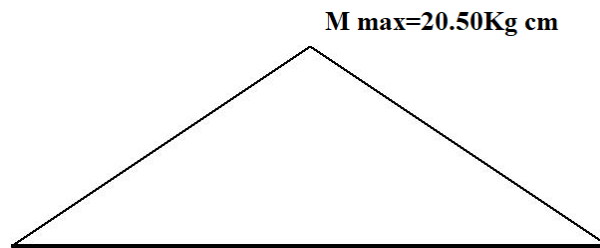


Figura 11. Diagrama de momento. Elaborado por: Sebastian Herrera

Aplicando la fórmula (1) se determinó el esfuerzo máximo de la viga Fórmula de esfuerzo máximo, considerando que su módulo de sección es cuadrado.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} = \frac{2056.32 \text{ Kg cm}}{4.5 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 456.96 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{max} < f_{adm}$$

$$456.96 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 555 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

Se puede observar que por cálculo la viga de madera de pino, con una sección cuadrada de 3cmx3cm soporta el peso aplicado, podemos disminuir el resultado del

esfuerzo máximo de dos maneras, primero aumentando la sección transversal, por otra parte podemos cambiar de material buscando así disminuir el resultado de la resistencia máxima de la viga, no obstante se tiene que analizar el costo que podría aumentar tanto por el cambio de sección o por el cambio de material, en este caso no será necesario realizar algún cambio.

3.3 Factor de seguridad

Es el resultado entre el valor máximo real que el miembro o sistema puede soportar y el valor calculado de la capacidad que se verá sometido, por este motivo este valor tiene que ser mayor a 1, de esta manera se considera las incertidumbres de las variaciones de la resistencia del material, las dimensiones del miembro, las cargas y las consecuencias de las fallas. [13]

F_s = Factor de seguridad > 1

$$F_s = \frac{f_{adm}}{f_{adm}} = \frac{555 \frac{Kg}{cm^2}}{456.96 \frac{Kg}{cm^2}} = 2.21 > 1 \text{ OK}$$

Se puede constatar que el factor de seguridad es mayor a 1, eso nos indica que la viga puede soportar el peso de 68.54 Kg, se podría aplicar más peso, lo cual no es recomendable debido a que podemos llegar a la falla del elemento, dañando así irreversiblemente la estructura.

3.4 Diseño a corte

El esfuerzo cortante, τ , no deben superar el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, f_v , el valor máximo del esfuerzo cortante ocurre en el neutro. [32]

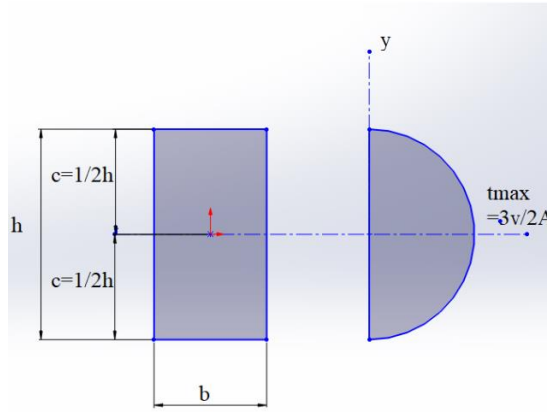


Figura 12. Grafica de esfuerzo cortante máximo [30]

$$\tau = \frac{3 V}{2 b h} < f_v \quad (6)$$

V = Esfuerzo admisible de la madera (kg)

τ = Esfuerzo cortante de la madera (kg)

b = Base de la sección (cm)

h = Altura de la sección (cm)

$$\tau = \frac{3 (34.272 Kg)}{2 (3cm)(3cm)}$$

$$\tau = 5.712 \frac{Kg}{cm^2} < 299 \frac{Kg}{cm^2} \quad \text{OK}$$

3.5 Esbeltez

Se presenta en función de la relación.

$$\lambda = \frac{(L_{ef})}{d} \quad (7)$$

Donde:

λ = Relación de esbeltez.

l_{ef} = Longitud efectiva.

d = Dimensión de la sección transversal en la dirección considerada.

$$\lambda = \frac{(110cm)}{3cm} = 27.5$$

Tabla 21. Clasificación de columnas por Esbeltez [30]

Tipo	Ranga
Columna corta	$\lambda < 10$
Columna intermedia	$10 < \lambda <$
Columna larga	$< \lambda < 50$

Donde:

$$C_k 0.7025 = \sqrt{\frac{E}{f_c}} \text{ para secciones rectangulares.}$$

λ = Relación de esbeltez.

E= Módulo de elasticidad.

f_c = Esfuerzo admisible a compresión paralela.

$$\lambda = \frac{(110cm)}{3cm} = 36.667$$

Se puede observar una comparación de los resultados Pino y de la Teca en el anexo E

3.6 Pérdidas de energía en la tubería

- Ecuación de la energía:

Esta ecuación (8) nos indica la cantidad de energía por unidad de peso del fluido, dicho de otra manera, la energía que se pierde y que se gana en un sistema se puede medir en términos de energía por unidad de peso del fluido que circula en el sistema, también se conoce como carga.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{(V_1)^2}{2g} + h_A + h_R + h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{(V_2)^2}{2g} \quad (8)$$

Donde:

- P_1/γ Es la carga de presión.

- Z es la carga de elevación.

- $V^2/2g$ es la carga de velocidad.

- h_A Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

- h_R = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como un motor de fluido.

- h_L = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios.

Se utilizó la ecuación de la energía que es una extensión de la fórmula de Bernoulli lo que nos permite resolver problemas con ganancia y pérdida de energía, cada término de la ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso del fluido que circula por el sistema. [33]

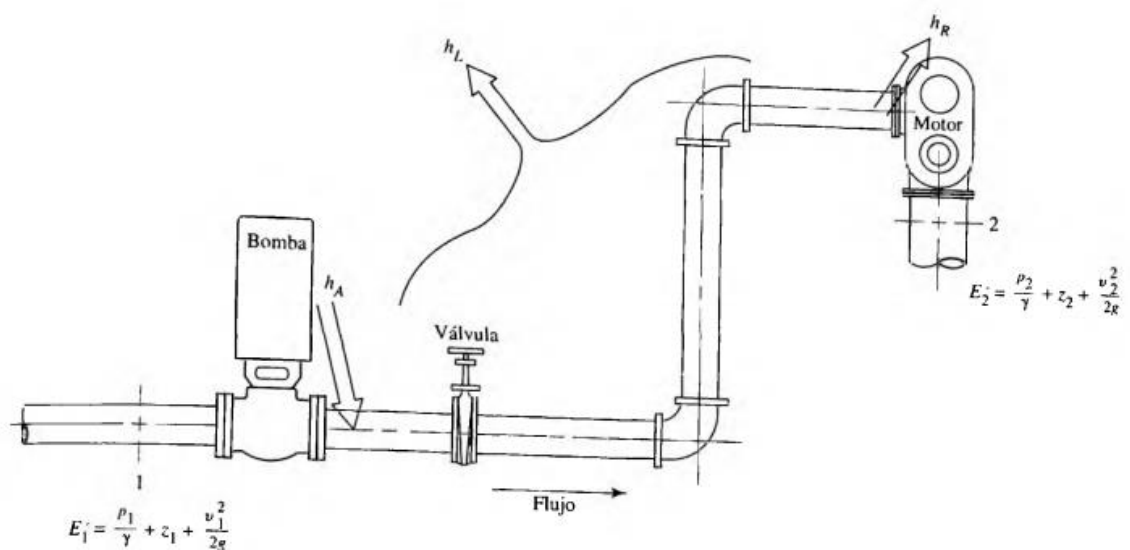


Figura 13. Sistema de fluido, ilustración de la ecuación general de la energía [31]

3.7 Sistema de riego

El sistema de riego del invernadero está construido con tubería de plástico PVC de $\frac{1}{2}$ plg, se realizó los cálculos para determinar las pérdidas del flujo por fricción y determinar las diferentes presiones en el punto B. La tubería de 0.80 m de largo tiene 3 goteros a una distancia de 0.2667 m entre cada uno.

3D model of a mechanical assembly. The assembly consists of a blue frame (PB) and a grey rod (PA). The blue frame has a horizontal member of length 0.60m and a vertical member of length 0.403m. The vertical member is offset from the horizontal member by 0.1666m. The grey rod (PA) is 5m long and is positioned at an angle. The distance from the base of the vertical member to the end of the rod is 0.4077m. The rod is offset from the vertical member by 0.1666m. The rod has a diameter of 21.35mm. The blue frame has a diameter of 21.35mm. The assembly is shown in a perspective view.

$$A_G = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (2.95mm)^2}{4} = 6.835mm^2 \quad (9)$$

$$A_G = 6.835 \times 10^{-6} m^2$$

$$Q_G = \frac{5 \times 10^{-4} m^3}{min}$$

$$V_{velocidad\ gotero} = 1.219\text{ m/s}$$

$$P = 1.25 \text{ Mpa}$$

37

$$Q = \frac{0.20L}{s} = \frac{0.012m^3}{min} \quad (10)$$

$$Q = 2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Área interna de la tubería de PVC de ½ plg

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (16.6mm)^2}{4} = 216.424mm^2$$

$$A = 2.1642 \times 10^{-4} m^2$$

Velocidad del flujo en la tubería de 1/2 plg

$$V_{tuberia} = \frac{Q_{(tuberia)}}{A_{(tuberia)}} = \frac{2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{2.1642 \times 10^{-4} m^2} = 0.9242 (m/s)$$

Datos del agua en Quito

Peso específico (γ)

$$\gamma = 9.81 kN/m^3$$

$$\rho_{agua} = \frac{1000 Kg}{m^3}$$

η viscosidad dinámica

$$\eta_{agua} = \frac{1000 Kg}{m^3}$$

μ viscosidad cinemática

$$(\mu)_{agua} = \frac{1000 \times 10^{-3} m^2}{s}$$

Tabla 22. Definición de las propiedades de los fluidos [33]

Nombre	Unidad	Definición
Densidad (ρ)	$\rho = \frac{m}{v}$	Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia
Peso específico (γ)	$\gamma = \frac{w}{v}$	Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia
viscosidad dinámica (η)	$\eta = \frac{N * s}{m^2}$	Es la resistencia a las deformaciones graduales producidas por <u>tensiones cortantes</u> o <u>tensiones de tracción</u>
viscosidad cinemática (μ)	$\eta = \frac{N * s}{m^2}$	Relaciona el esfuerzo o tensión local en un fluido en movimiento con la velocidad de deformación de las partículas fluidas.

3.8 Número de Reynolds

En pérdidas de energía de un flujo que circula por una tubería, depende de si el flujo es laminar o turbulento por lo cual se necesita determinar qué tipo de flujo es, la siguiente ecuación indica la definición básica del Numero de Reynolds. [33]

$$N_R = \frac{VD\rho}{\eta} \quad (11)$$

Donde:

V= Velocidad de flujo de la tubería (m/s)

D= Diámetro interno de la tubería (m)

ρ = Densidad del agua (Kg/m³)

η = viscosidad dinámica del agua (Pa*s)

Remplazando los valores en (9)

$$N_R = \frac{\left(0.91743 \frac{m}{s}\right) * (0.01666m) * (1000 \frac{Kg}{m^3})}{1.15 \times 10^{-3} \left(\frac{Kg}{ms}\right) * s}$$

$$N_R = 13298.7 > 4000 \quad \text{Flujo turbulento}$$

Los resultados obtenidos demuestran que el flujo en el interior de la tubería de PVC es turbulento. Esto significa que el flujo se va a trasladar en el interior de la tubería de una manera caótica, dicho en otras palabras, el agua se mueve en una forma desordenada.

3.9 Diagrama de Moody

El diagrama de Moody es una forma para encontrar el factor de fricción (f) en fluidos turbulentos, para lo cual se debe conocer el número de Reynolds (NR) y la rugosidad relativa que depende del material (D/ϵ). Es necesario determinar el valor del factor de fricción para poder obtener las pérdidas de energía por fricción en la tubería del sistema de riego del invernadero. [33]

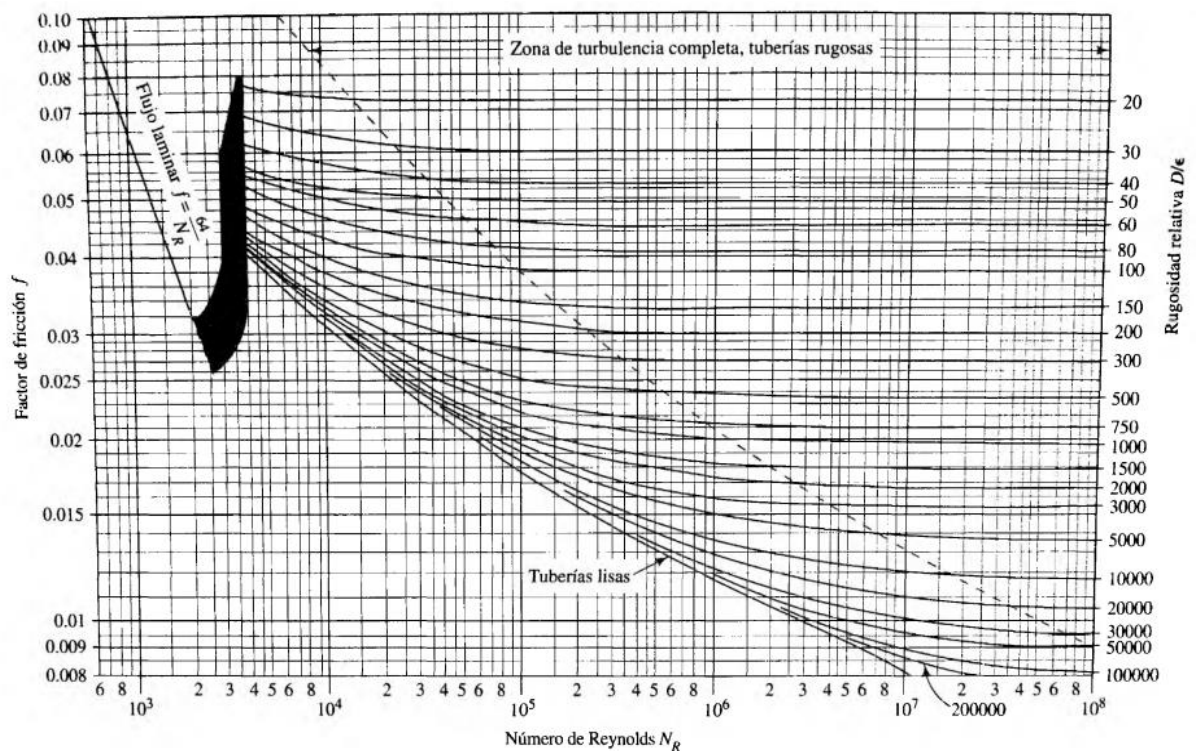


Figura 15. Diagrama de Moody [31]

3.10 Factor de fricción (f) para flujos turbulentos

El flujo turbulento es caótico y tiene una variación muy constante por lo cual para poder determinar el valor del factor de fricción depende de otros dos valores adimensionales, el Numero de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería. La

rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería y la rugosidad promedio de su pared y se la puede determinar por medio de la formula. [33]

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{D}{\varepsilon} \quad (12)$$

Donde:

D= diámetro de la tubería

ε = Rugosidad promedio de la pared

Tabla 23. Rugosidad de materiales [33]

Material	Rugosidad ε (m)	Rugosidad ε (pie)
Vidrio	Liso	<i>Liso</i>
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no cubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Remplazando los datos en (12) tenemos que:

$$\text{Rugosidad} = \frac{0.01666 \text{ m}}{3.0 \times 10^{-7} \text{ m}} = 55\,333.3$$

Con lo cual podemos calcular el factor de fricción (f) mediante el método del diagrama de Moody

$$f=0.032$$

3.11 Ecuación para el factor de fricción (f)

Se puede calcular directamente el factor de fricción para flujo turbulento con la siguiente formula.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{(N_R)^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (13)$$

Remplazando todos los valores en (11)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 * (55\ 333.3)} + \frac{5.74}{(13298.7)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 * (55\ 333.3)} + \frac{5.74}{(13298.7)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{[\log(4.884405 E^{-6} + 0.001116)]^2}$$

$$f = 0.028715$$

Despejando PB y remplazando los valores en (8), tomando en cuenta que hA = 0 y hR = 0 podremos obtener la presión final en cada uno de los goteros, las presiones serán diferentes debido a los pequeños tramos adicionales de cada uno de los mismos.

$$(Z_A - Z_B) + \left(\frac{V_A^2}{2g} - \frac{V_B^2}{2g} \right) - hL = \frac{-P_A + P_B}{\gamma} \quad (14)$$

Resultado de hL= con el valor obtenido por medio del diagrama de Moody.

$$hL = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$hL_1 = 0.032 * \frac{6.257m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s} \right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s} \right)} = 0.5229m$$

$$hL_2 = 0.032 * \frac{6.8698m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s} \right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s} \right)} = 0.5742m$$

$$hL_3 = 0.032 * \frac{7.403m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s} \right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s} \right)} = 0.6187m$$

Resultado de hL= con el valor obtenido por medio de la fórmula para el factor de fricción.

$$hL = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$hL_1 = 0.028715 * \frac{6.257m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s}\right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s}\right)} = 0.4694m$$

$$hL_2 = 0.028715 * \frac{6.8698m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s}\right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s}\right)} = 0.5154m$$

$$hL_3 = 0.028715 * \frac{7.403m}{0.01666m} * \frac{\left(\frac{0.9242m}{s}\right)^2}{2 * \left(\frac{9.81m}{s}\right)} = 0.5554m$$

Despejando PB de la ecuación general de la energía y remplazando los valores obtenidos de las perdidas menores (hL), con el valor obtenido de la ecuación de la fricción obtenemos:

$$PB = \left(\left((ZA - ZB) + \left(\frac{VA^2}{2G} - \frac{VB^2}{2G} \right) - hL \right) * Y \right) + 25 \text{ kPa} * PB_1$$

$$PB_1 = \left(((0.40m) - (0.02730m) - 0.4694m) * 9.81KN \right) + 125 \text{ kPa}$$

$$= 124.051Kpa$$

$$PB_2 = \left(((0.40m) - (0.02730m) - 0.5154m) * 9.81KN \right) + 125 \text{ kPa}$$

$$= 123.6Kpa$$

$$PB_3 = \left(((0.40m) - (0.02730m) - 0.5554m) * 9.81KN \right) + 125 \text{ kPa}$$

$$= 123.208Kpa$$

Se puede observar que las presiones son diferentes debido a la longitud total de la tubería.

3.12 Lógica de automatización

La programación se realizó enfocándose en el control de dos ciclos principales, el control de la temperatura en el cual en las primeras horas del día, el invernadero presentara las temperaturas más bajas, conforme pasa el tiempo y al llegar al medio día y tarde tendremos las horas con mayor radiación solar, para lo cual los sensores medirán constantemente la temperatura hasta que llegue a un condicionamiento de límite temperatura máxima y en ese momento se activaran los actuadores hasta que la temperatura baje de su límite indicado, repitiendo este ciclo día tras día, de la misma manera se instaló un sensor de humedad relativa del suelo para controlar la cantidad de agua que dispone la tierra, mediante el agua se siga consumiendo llegara a un valor mínimo de humedad, activándose la aspersión por goteo durante un tiempo especificado.

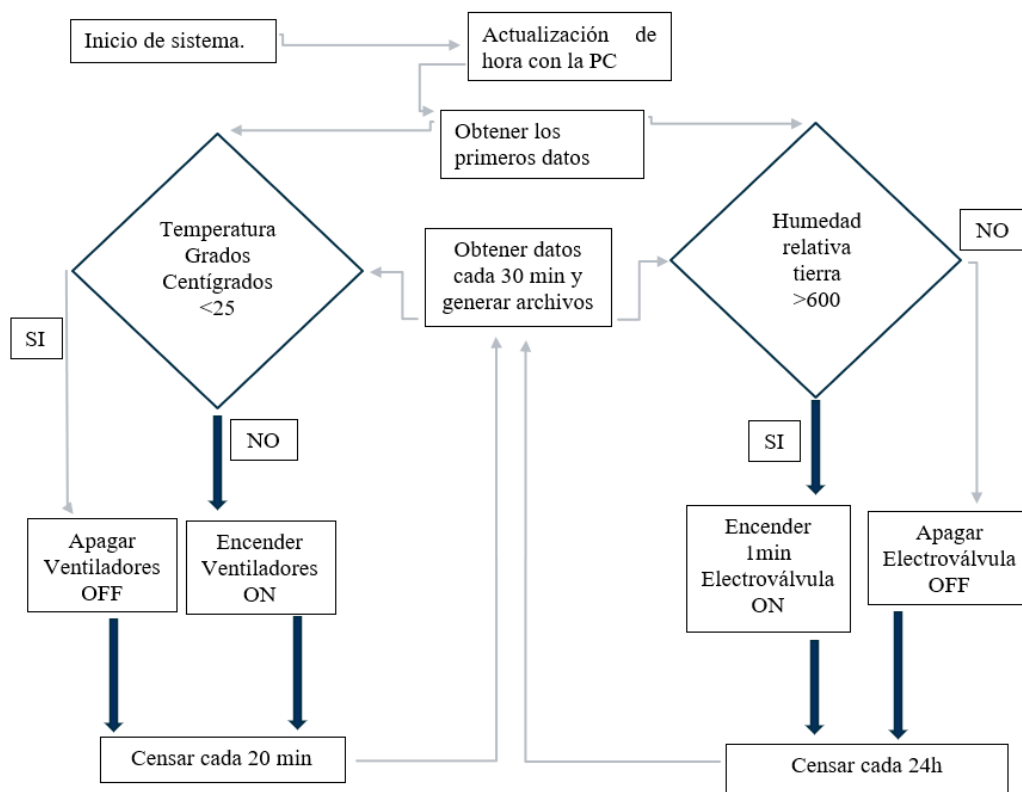


Figura 16. Diagrama de flujo lógico de programación. Elaborado por: Sebastian Herrera

3.13 Programación

La programación está diseñada para controlar la temperatura en el interior del invernadero y la humedad relativa del aire y de la tierra, adicionalmente se llevar

registro de las actividades del invernadero, vamos a considerar como ciclos tanto la temperatura del aire como la humedad relativa de la tierra son ciclos y se lo controla por medio de condicionamientos, el primer, la humedad relativa de la tierra, se mide por medio de un sensor (hidrómetro) que dispone de una sonda (LY-69) que está formada por dos piezas metálicas (electrodos) con una forma y separación específica, aplicando una pequeña tensión entre los electrodos, a mayor humedad de la tierra la resistencia eléctrica entre las partes metálicas será menor, la sonda va conectada a una placa de acondicionamiento de señal que procesa la información proveniente de la sonda para entregar a otro sistema digital o análogo, equipada con un circuito integrado comparador LM393 SMD (de soldado superficial) obteniendo valores de 0 a 1023, con lo cual podemos tener una lectura en el aire (seco) de 0 a 300, en suelo húmedo obtenemos un rango de 300 a 700 y en agua obtenemos un rango de 700 a 1023. Podremos mantener una programación lógica con condicionamientos en el rango de resistencia eléctrica < 600 , esto significa que cuando la medición sea menor a las 600 unidades el CPU enviara una señal de salida a un relé que el circuito se encuentra normalmente abierto (OFF), el cual cerrara el circuito (ON), de corriente de 110V de AC, activando la electroválvula para que el agua sea suministrada a las plantas, el sistema de riego estará encendida durante 1 min para después apagarse y realizar un censo de la tierra, si es necesario se activara otro minuto, el tiempo está controlado por medio del módulo DS1307 que es un módulo propio de arduino que permite obtener mediciones de tiempo, trabaja prácticamente como un reloj y calendario permitiendo realizar modificaciones al sistema de riego para que funcione por medio del sensor LY-69 o poder suministrar al agua necesaria en horas y días establecidos. El sistema se tiene que sincronizar con la hora y fecha de una computadora, motivo por el microcontrolador tiene que estar conectada a un computador para poder generar y almacenar los datos obtenidos en el invernadero. La programación esta detallada en el anexo F.

De la misma forma se realizó el condicionamiento par el control de la temperatura del aire interno del invernadero, en el cual, al superar una temperatura de 26 grados centígrados, el CPU envía una señal de salida a un segundo relé que esta normalmente abierto (OFF), el cual activa el circuito eléctrico de 12v DC, activando los ventiladores que se encuentran en la parte superior del invernadero. Adicionalmente se obtiene un registro de la cantidad de CO₂, el tiempo que se

prendió el sistema de ventilación, el tiempo y las veces que se activó la electroválvula, generando así una hoja Excel para poder almacenar los datos generados.

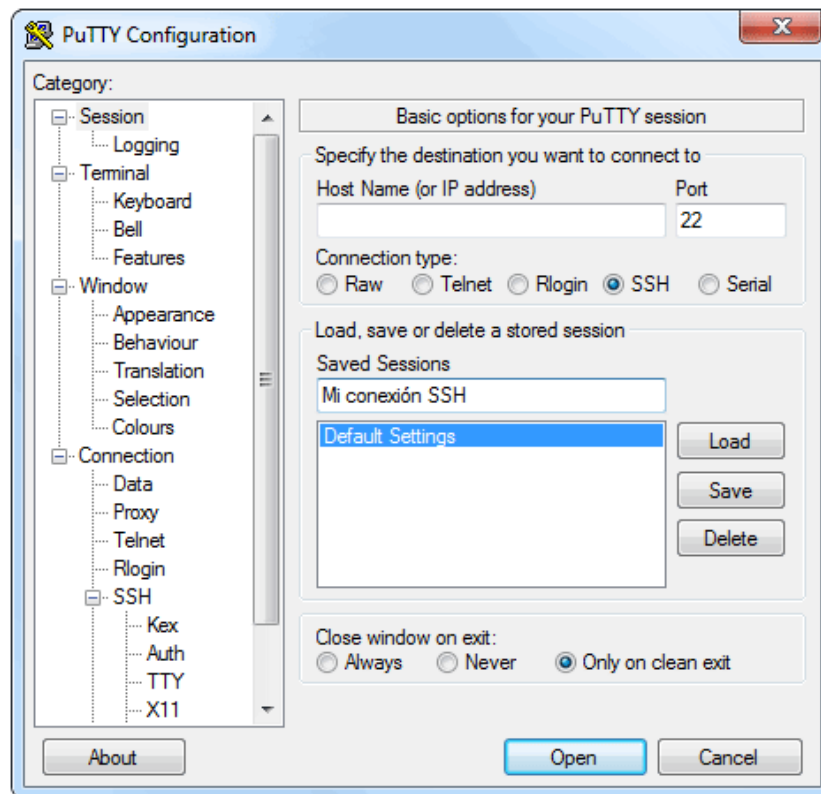


Figura 17. Sistema PUTTY [32]

Putty es una herramienta que permita conectarse a servidores remotos que nos permite ejecutar comandos, en este proyecto esta herramienta permite ejecutar el inicio del programa del microcontrolador, realizando una interfaz entre los datos generados y una hoja de Excel para poder guardar la información de una manera ordenada y poder generar informes. [34]

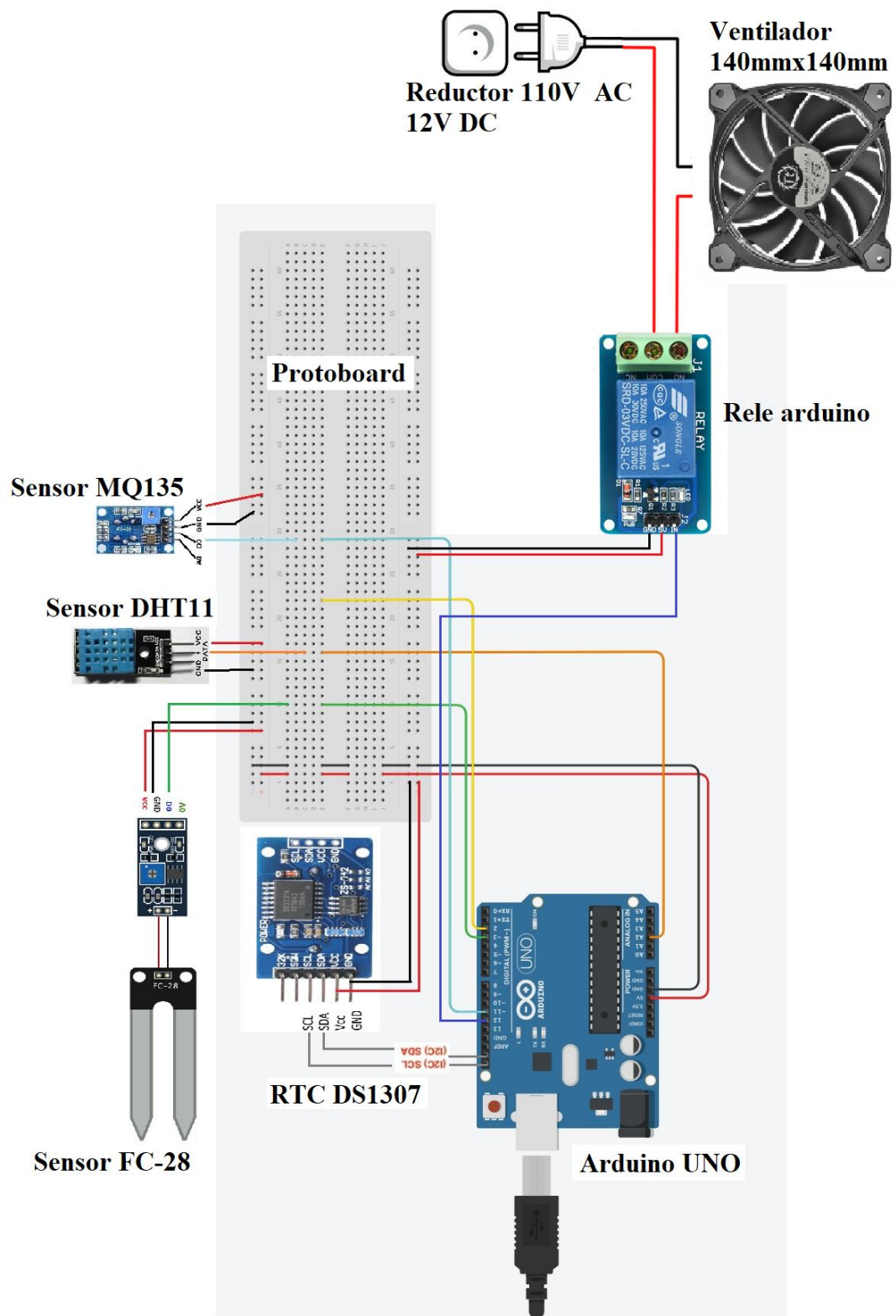


Figura 18. Diagrama de conexión del sistema eléctrico. Elaborado por: Sebastian Herrera

3.14 Placa Arduino UNO

Es una placa electrónica de plataforma abierta con la facilidad de programar microcontroladores, utilizando sensores que son los encargados de interpretar el mundo físico, generando así una señal de entrada que será analizada por los microcontroladores, los cuales serán programados para analizar las señales de entrada y producir una señal de salida dirigida a los actuadores los que están encargados de generar una acción, de esta manera se pueden realizar proyectos autónomos con la facilidad de conectarse a un dispositivo como una computadora para poder interactuar tanto con el software con el hardware. Dispone 14 entradas/salidas digitales, un conector USB, un conector de alimentación, un resonador cerámico de 16 MHz, etc. [1]

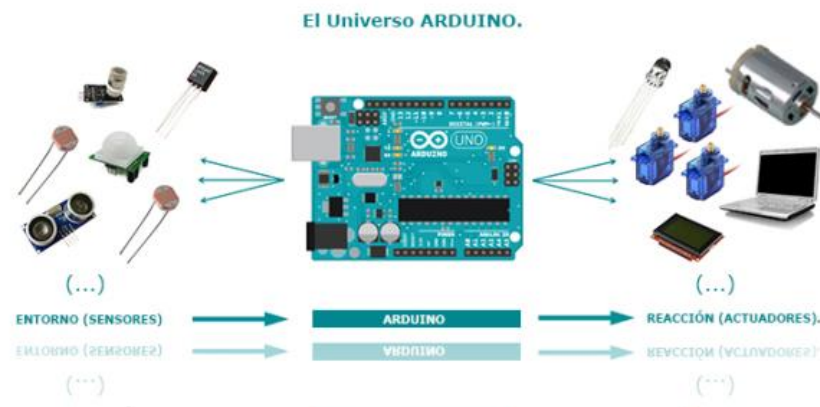


Figura 19. El Universo ARDUINO. [1]

Tabla 24. Ventajas y desventajas de arduino UNO

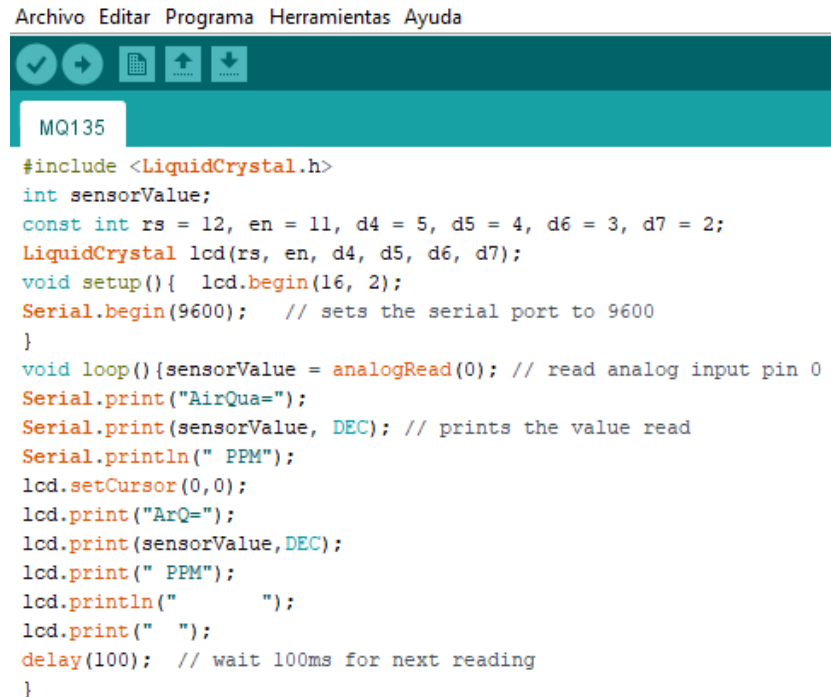
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Costos bajos.• Llega listo para su uso, programador incorporado.• Multi-plataforfa, compatible con Windows, Macintosh, OSX y Linus.• Software de código abierto.	<ul style="list-style-type: none">• No dispone de placas y sensores más robusto como poder utilizar en aplicaciones industriales.• Algunos componentes o sensores tienen una vida útil muy corta.• Es muy complicado realizar tareas simultáneas, en su mayoría tiene que ser un sistema secuencial.• Se necesita generar una inversión en sensores y actuadores para cada actividad que se desea automatizar, como por ejemplo transmitir datos vía wifi.

Elaborado por: Sebastian Herrera

3.15 Sensor MQ135

Los sensores MQ son una familia de dispositivos que se encargan de detectar distintos componentes químicos en el aire, nos permiten tener una lectura con un valor analógico, equipados con un sensor electro-químico que varía su resistencia al estar en contacto con diferentes sustancias, todos los sensores MQ disponen de calentador interno que aumenta la temperatura del sensor para que sus materiales internos entren en temperatura de trabajo y este pueda realizar su trabajo, el tiempo de calentamiento varia de 12-48 horas, la tensión de la mayoría de sensores MQ es de 5V. El sensor MQ135 está diseñado para detentar y medir benceno, alcohol,

humos, calidad del aire (dióxido de carbono), otra opción de sensor puede ser el sensor MG-811 EL CUAL el cual está diseñado para medir específicamente dióxido de carbono. [35]



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
MQ135
#include <LiquidCrystal.h>
int sensorValue;
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
void setup() { lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(9600); // sets the serial port to 9600
}
void loop() { sensorValue = analogRead(A0); // read analog input pin 0
Serial.print("AirQua=");
Serial.print(sensorValue, DEC); // prints the value read
Serial.println(" PPM");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("ArQ=");
lcd.print(sensorValue, DEC);
lcd.print(" PPM");
lcd.println(" ");
lcd.print(" ");
delay(100); // wait 100ms for next reading
}
```

Figura 20. Ejemplo de código sensor MQ135

3.16 Sensor DHT11

Los sensores DHT11 y DHT22 están diseñados para poder medir simultáneamente la temperatura del aire y su humedad, mediante una señal digital, los procesadores realizan su medición mediante un microprocesador, el sensor DHT11 tiene una capacidad medición de temperatura de 0-50 °C con una precisión de 2 °C, medición de humedad de 20 a 80% con una precisión de 5%. [36].

Esta familia de sensores este compuesto por un transductor interno de temperatura tipo NTC (Negative Temperature Coefficient) el cual decrece su resistencia mediante aumenta la temperatura, adicionalmente su modulo tiene una gran relación señal a ruido ante la interferencia.

Figura 21. Ejemplo de código DHT.11

3.17 Sensor FC-28

El sensor FC-28 es un hidrómetro que mide la humedad del suelo, con diferentes métodos en aplicaciones de riego automatizado, mide la variación o diferencia de conductividad del suelo, marca 0 cuando está sumergido en agua y 1023 cuando está totalmente seco (en el aire), se lo puede programar para obtener un valor de LOW cuando el suelo está seco y HIGH cuando el suelo esta mojado, no tiene una precisión exacta para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero para sistemas de riego no es necesario. [37]

Ejemplo de código:



```
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
[Icons: Checkmark, Arrow, File, Up Arrow, Down Arrow]
FC-28
const int sensorPin = A0;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
    int humedad = analogRead(sensorPin);
    Serial.print(humedad);
    if(humedad < 500)
    {
        Serial.println("Encendido");
        //hacer las acciones necesarias
    }
    delay(1000);
}
```

Figura 22. Ejemplo de código FC-28. [36]

3.18 Reloj RTC DS1307

El reloj RTC es un reloj de tiempo real que nos permite llevar un control de las mediciones en tiempo para poder llevar acabo diferentes tipos de automatización por medio de fechas u horas como por ejemplo minutos, horas, días, meses, etc. Estos dispositivos están equipados en su electrónica con un elemento que nos permite medir el paso del tiempo de una manera exacta llamado resonador de cristal. Adicional viene integrado con una batería que le permite llevar el tiempo en el caso de pérdida del suministro de energía. [38]

```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
RTC_DS1307 $
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
// RTC_DS1307 rtc;
RTC_DS3231 rtc;
String daysOfTheWeek[7] = { "Domingo", "Lunes", "Martes",
                             "Miercoles", "Jueves", "Viernes",
                             "Sabado" };
String monthsNames[12] = { "Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril",
                             "Mayo", "Junio", "Julio", "Agosto", "Septiembre",
                             "Octubre", "Noviembre", "Diciembre" };

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println(F("Couldn't find RTC"));
    while (1);
  }
  // Si se ha perdido la corriente, fijar fecha y hora
  if (rtc.lostPower()) {
    // Fijar a fecha y hora de compilacion
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    // Fijar a fecha y hora especifica. En el ejemplo, 21 de Enero de 2016 a las 03:00:00
    // rtc.adjust(DateTime(2016, 1, 21, 3, 0, 0));
  }
}

void printDate(DateTime date)
{
  Serial.print(date.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(date.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(date.day(), DEC);
  Serial.print(" (");
  Serial.print(daysOfTheWeek[date.dayOfTheWeek()]);
  Serial.print(") ");
  Serial.print(date.hour(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(date.minute(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(date.second(), DEC);
  Serial.println();
}

void loop() {
  // Obtener fecha actual y mostrar por Serial
  DateTime now = rtc.now();
  printDate(now);
  delay(3000);
}
```

Figura 23. Ejemplo código RTC DS1307. [36]

3.19 Relé

Un Relé es un dispositivo electrónico que permite a un microcontrolador manipular cargas muy altas que la electrónica no puede soportar, como ejemplo se puede controlar el encendido o apagado de 220 AC, con una intensidad de 10A. Existe gran variedad de relés, se debe escoger de acuerdo a las necesidad de tención y corriente que se necesite manipular. [39]

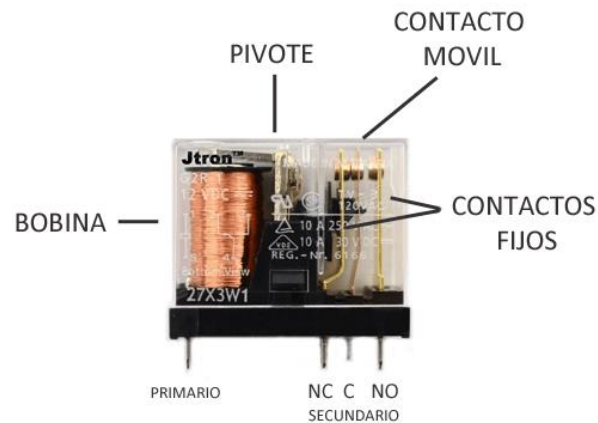


Figura 24. Partes de un relé. [36]

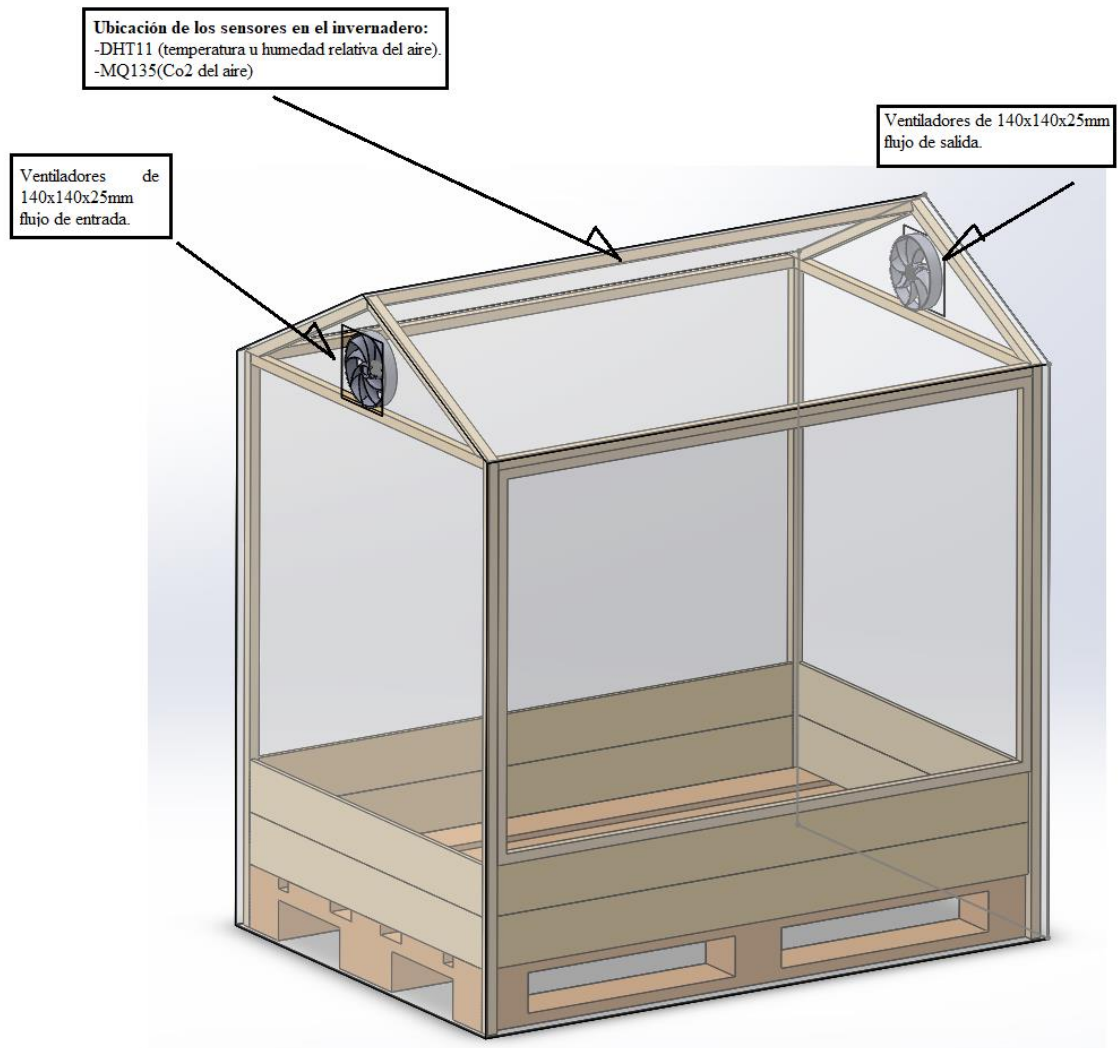


Figura 25. Ubicación de sensores en el interior del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera

- El sensor FC-28 que mide la humedad relativa de la tierra se instala en dos macetas para obtener el promedio de la resistencia, controlando eficientemente el riego.
- El riego se genera por medio de goteros en cada maceta.
- Los ventiladores se activan al momento de superar la temperatura de los 26 grados centígrados en el interior del invernadero.
- Se obtiene un registro de CO2 por medio del sensor MQ135.

3.20 Simulación

Se puede realizar una validación generando una simulación por medio del programa ANSYS, obteniendo datos para su posterior estudio, verificando si las condiciones

generadas en la simulación son las adecuadas para poder tener los resultados necesarios del prototipo.

En la simulación se analizó principalmente como actúa el sistema de ventilación por medio de dos ventiladores, uno de entrada y uno de salida, para poder evacuar el exceso de aire caliente generado en el interior del invernadero por efecto la energía radiante del sol, para poder realizar la simulación se tomaron los datos técnicos de entrada de aire y salida de las fichas técnicas de cada ventilador, obteniendo los siguientes resultados.

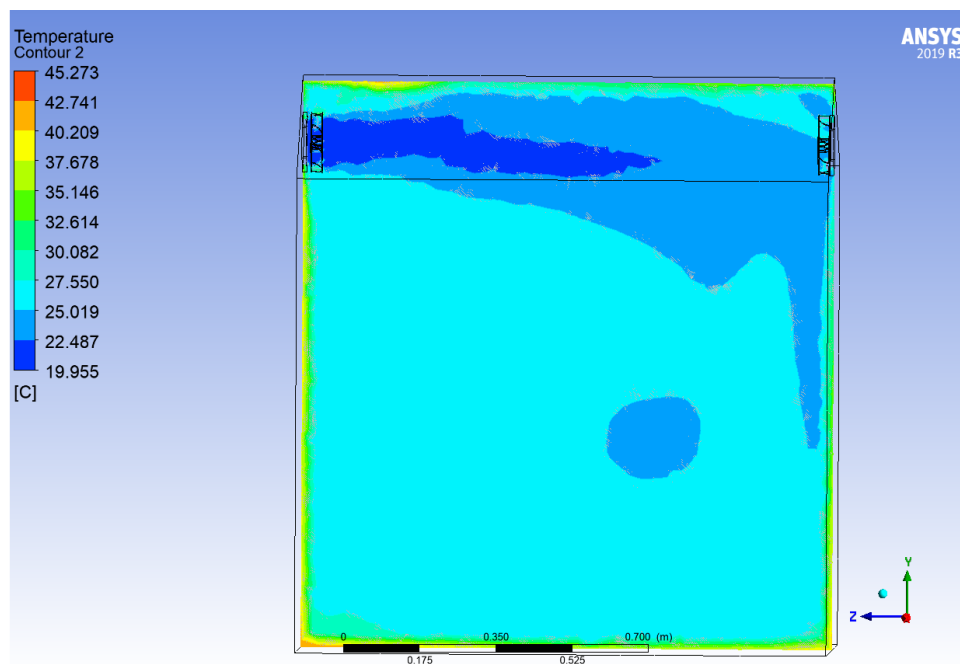


Figura 26. Programa ANSYS distribución de calor con el sistema de ventilación activado.

Elaborado por: Sebastian Herrera

Se puede observar en el interior del invernadero los resultados de la simulación, la temperatura de aire en su mayoría varía entre 25 grados centígrados a 30 grados centígrados, con lo cual es un resultado favorable debido a que ese es el rango aproximado de temperatura que las planta tomate cherry necesita para tener sus condiciones necesarias idóneas para poder generar su máxima producción.

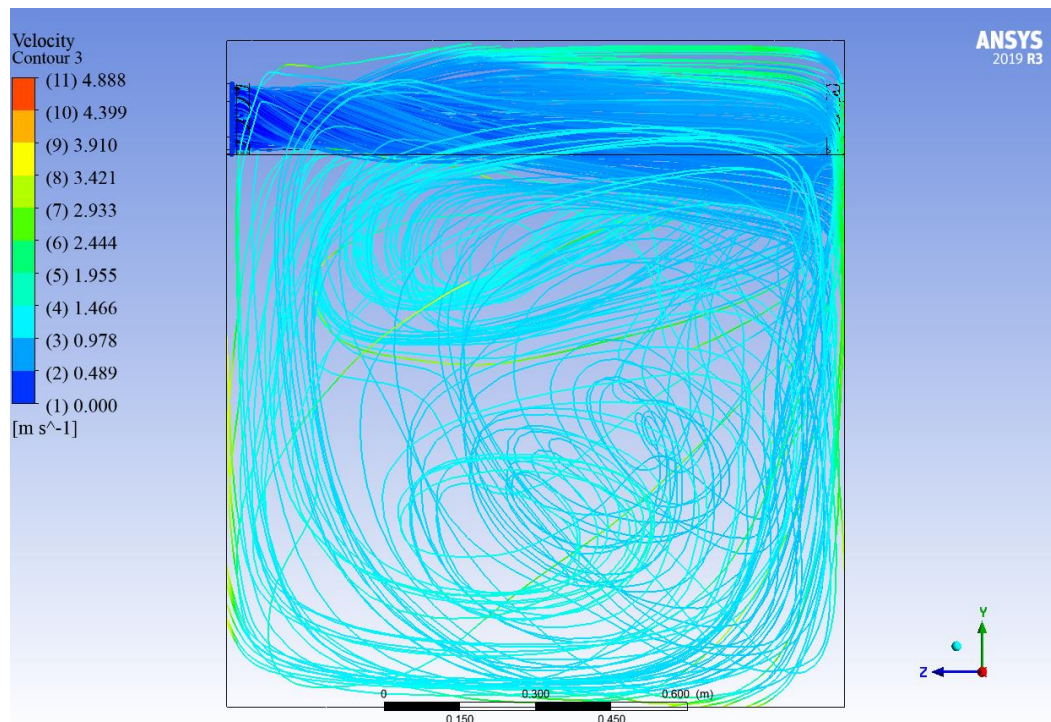


Figura 27. Programa ANSYS, visualización de la entrada turbulenta del aire y niveles de velocidad por efecto de los ventiladores. Elaborado por: Sebastian Herrera

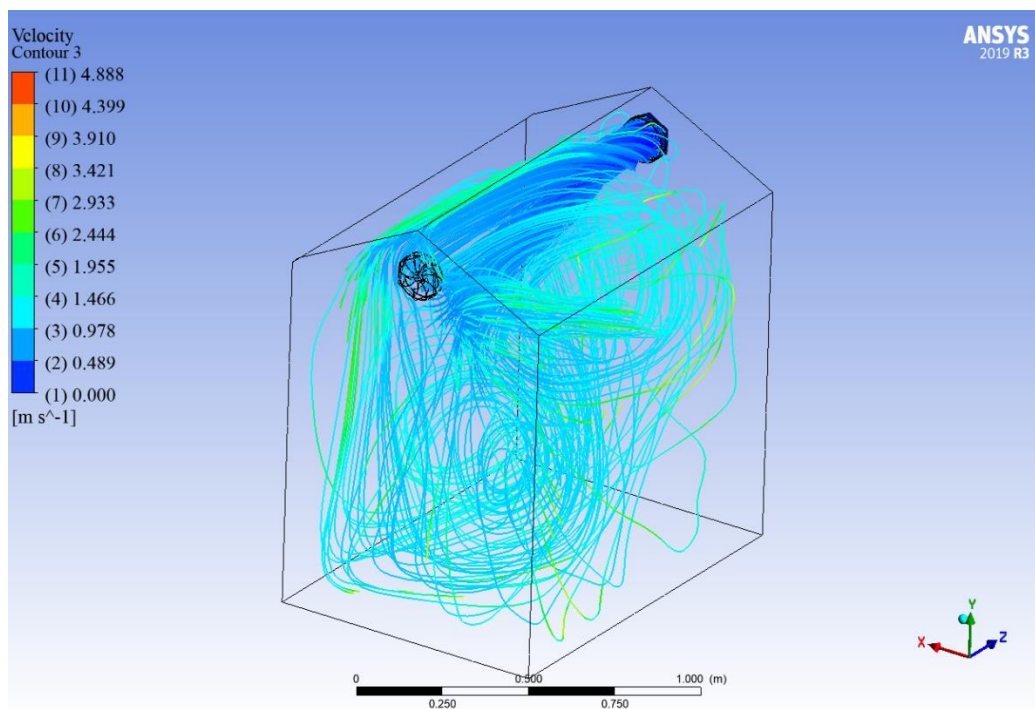


Figura 28. Programa ANSYS, visualización de la distribución del aire en el interior del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera

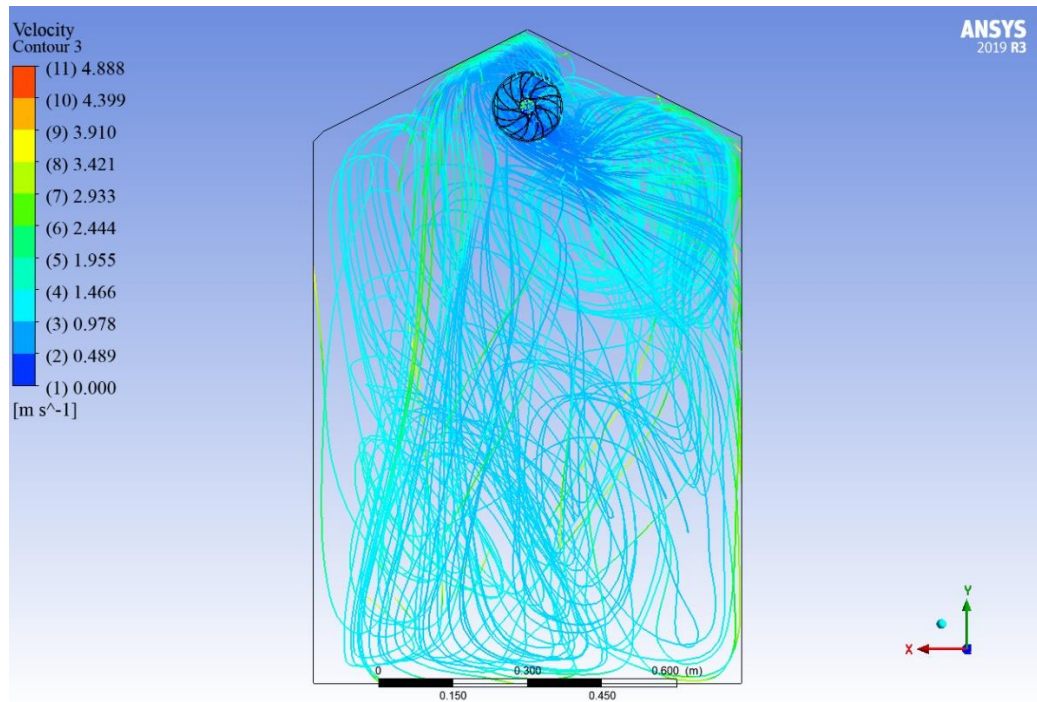


Figura 29. Programa ANSYS, vista posterior del invernadero, salida y choque del aire de entrada con la pared del invernadero. Elaborado por: Sebastian Herrera

Se puede apreciar en las diferentes figuras como el aire ingresa de una manera turbulenta, provocada por las aspas del ventilador, su distribución y la velocidad del aire que alcanza una velocidad 0.489 m s^{-1} y 2.933 m s^{-1} .

En este proyecto la simulación nos permite obtener datos para determinar el tamaño y capacidad de los ventiladores, analizando las temperaturas obtenidas para poder verificar la eficiencia de enfriamiento del invernadero con el sistema de ventilación.

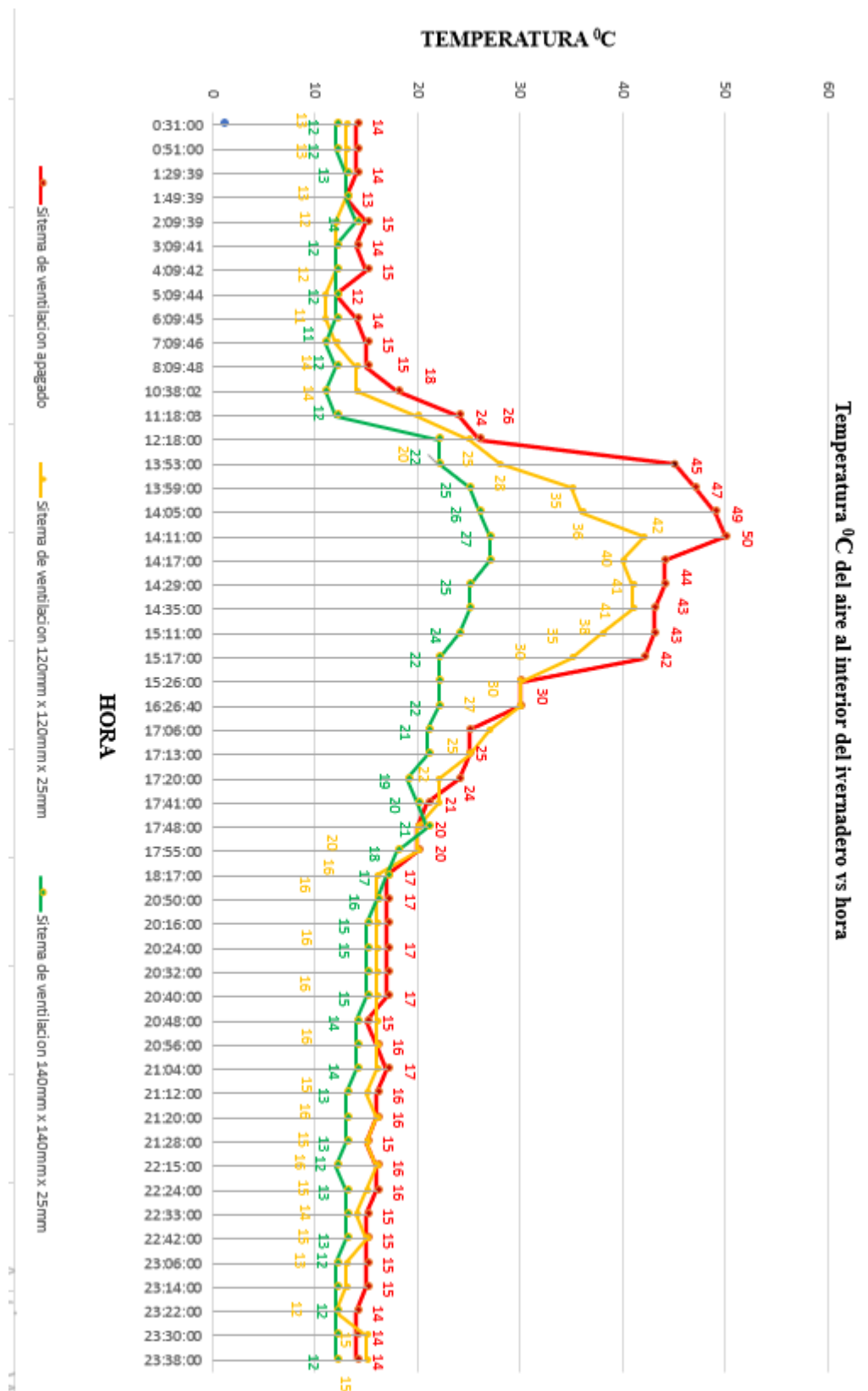


Figura 30. Grafica comparativa de variación de temperatura promedio diaria bajo tres condiciones de ventilación: Sistema de ventilación apagado (rojo), sistema de ventilación equipado con ventiladores de 120mmx120mmx25mm (amarillo), sistema de ventilación equipado con ventiladores 140mmx140mmx25mm(verde). Elaborado por: Sebastian Herrera

En la Figura 31 se observa la temperatura al interior del invernadero en horas determinadas. La línea roja nos indica la temperatura del aire con el sistema de ventilación apagado, la línea amarilla nos indica la temperatura con el sistema de ventilación encendido con ventiladores de un tamaño de 120mmx120mmx25mm y la línea verde nos indica la temperatura del aire con el sistema de ventilación encendido equipado con ventiladores de 140mmx140mmx25mm. Se puede observar que las tres líneas mantienen temperaturas similares hasta 7 de la mañana, con un promedio aproximado de 11 grados centígrados, de 7 de la mañana a 11 de la mañana aumenta la temperatura y alcanzan y alcanzan temperaturas promedio de 20 grados centígrados. A partir de 11 am hasta las 5 pm son las horas con mayor radiación solar, donde el invernadero alcanza picos de temperatura con las diferentes condiciones en el sistema de ventilación, se puede observar que con la línea roja se alcanza los 50 grados centígrados, con la línea amarilla se alcanza los 43 grados centígrados y con la línea verde se alcanza los 27 grados centígrados, a partir de las 5 pm las temperaturas mantienen un rango similar.

En este proyecto se evaluaron de 6 plantas de tomate cherry, el mayor rendimiento fue de 1104 gr/planta, se realizaron cosechas semanales con un promedio de 276 gr/mes. Las diferentes etapas de crecimiento de las plantas fueron 12 días para su germinación y posterior trasplante, 25 DDT (Días Después de Trasplante) comenzó su etapa de floración, 52 DDT empezó la formación del primer fruto y 91 DDT se llegó a la maduración del primer fruto para comenzar con el ciclo de cosecha, el ciclo de vida del tomate cherry tuvo un tiempo aproximado de 3 meses de su etapa vegetativa y 4 meses de su etapa de cosecha.

3.20 Análisis comparativo de resultados

Una vez expuesto los resultados obtenidos del estudio realizado, se presenta a continuación los resultados de diferentes proyectos, se hace referencia el tipo de semilla, temperatura, Inicio de cosecha, fin de cosecha y rendimiento en gramos de cada planta. En la tabla 19 se indican los diferentes resultados obtenidos, el Estudio A corresponde a los resultados de este trabajo, el Estudio B corresponde a los resultados del trabajo *“Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate cherry (Solanum lycopersicum L.) bajo condiciones de invernadero”* tomando los resultados del tomate híbrido Tangerino [40]. Los resultados de los

Estudios C,D,E,F se tomaron del trabajo “ *Estudio técnico y económico del tomate tipo cereza elite (Solanum lycopersicum L. var. Cerasiforme) bajo condiciones semicontroladas*” tomando los resultados de los tomates T.cereza IAC412, IAC1624, Alemán IAC1621 y tomate Sweet millón. [41]

Tabla 25. Comparación de diferente tipo de semilla de tomate cherry

Tipo de semilla	Estudio A	Estudio B	Estudio C	Estudio D	Estudio E	Estudio F
Tomate tipo	Pomodoro Príncipe Borghese	Cherry Tangerino	T.cereza IAC412	T. cereza IAC1624	T. cereza alemán IAC1621	T. cereza Sweet million
Temperatura °C	12 a 27	14 a 30	22.8	22.8	22.8	22.8
Inicio Cosecha DDT	91	120	95	95	95	95
Fin Cosecha DDT	205	175	207	207	207	207
Rendimiento (gr/planta)	1104	750.5	1.032,4	1.729,6	3.679,7	5.000,0

Elaborado por: Sebastian Herrera

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

Se sembraron 8 plantas de las cuales las plantas número 1, 2, 3, 4, 5, 6 se colocaron en el interior del invernadero (int) en condiciones ideales y las plantas 7 y 8 estuvieron al exterior de invernadero. La mayor producción promedio mensual se obtuvo de la planta 1 con 276 gramos (g), durante 4 meses con frutos de diámetro entre 25 a 27 mm (ver anexo F) y con peso entre 11 a 13 gramos cada tomate (ver anexo G), con lo cual se obtuvo una producción total de 1104g/planta, a comparación de la producción de las plantas 7 y 8 que estuvieron en condiciones al aire libre que llegaron a una producción promedio de 168g y 161g respectivamente con frutos de un diámetro entre 21 a 22.5 mm (ver anexo H) y un peso de 6 a 8 gramos (ver anexo I), de tal manera que se obtuvo un rendimiento total de 670g y 645g, obteniendo mejores resultados con las plantas que estuvieron el interior del prototipo en condiciones ideales.

Tabla 26. Producción de 6 plantas de tomate cherry al interior del prototipo vs producción de 2 plantas en condiciones al aire libre

PLANTAS	Producción mensual de cada planta						
	MES 1	MES 2	MES 3	Mes 4	PROMEDIO	TOTAL	
Planta 1 (int)	261(g)	295 (g)	268 (g)	280 (g)	276 (g)	1104 (g)	
Planta 2 (int)	262 (g)	270 (g)	283 (g)	245 (g)	260 (g)	1060 (g)	
Planta 3 (int)	255 (g)	257 (g)	265 (g)	225 (g)	257 (g)	1002 (g)	
Planta 4 (int)	215 (g)	301 (g)	290 (g)	245 (g)	230 (g)	1051 (g)	
Planta 5 (int)	249 (g)	255 (g)	265 (g)	244 (g)	253 (g)	1013 (g)	
Planta 6 (int)	250 (g)	251 (g)	255 (g)	253 (g)	252 (g)	1009 (g)	6239
							TOTAL= (g)
Planta 7 (ext)	162 (g)	165 (g)	181 (g)	162 (g)	168 (g)	670 (g)	
Planta 8 (ext)	157 (g)	159 (g)	175 (g)	154 (g)	161 (g)	565 (g)	1234
							TOTAL= (g)

Elaborado por: Sebastian Herrera

La producción de tomate cherry varía drásticamente dependiendo del tipo de semilla, el pH de la tierra, las horas de luz, la calidad del suelo, la planificación y el control de actividades agrícolas como: poda, aporque, fertilización, etc. Si no se realizan las actividades agrícolas de una manera adecuada, se verá afectado el rendimiento de cada planta, aunque las condiciones medioambientales y la humedad del suelo sean las indicadas.

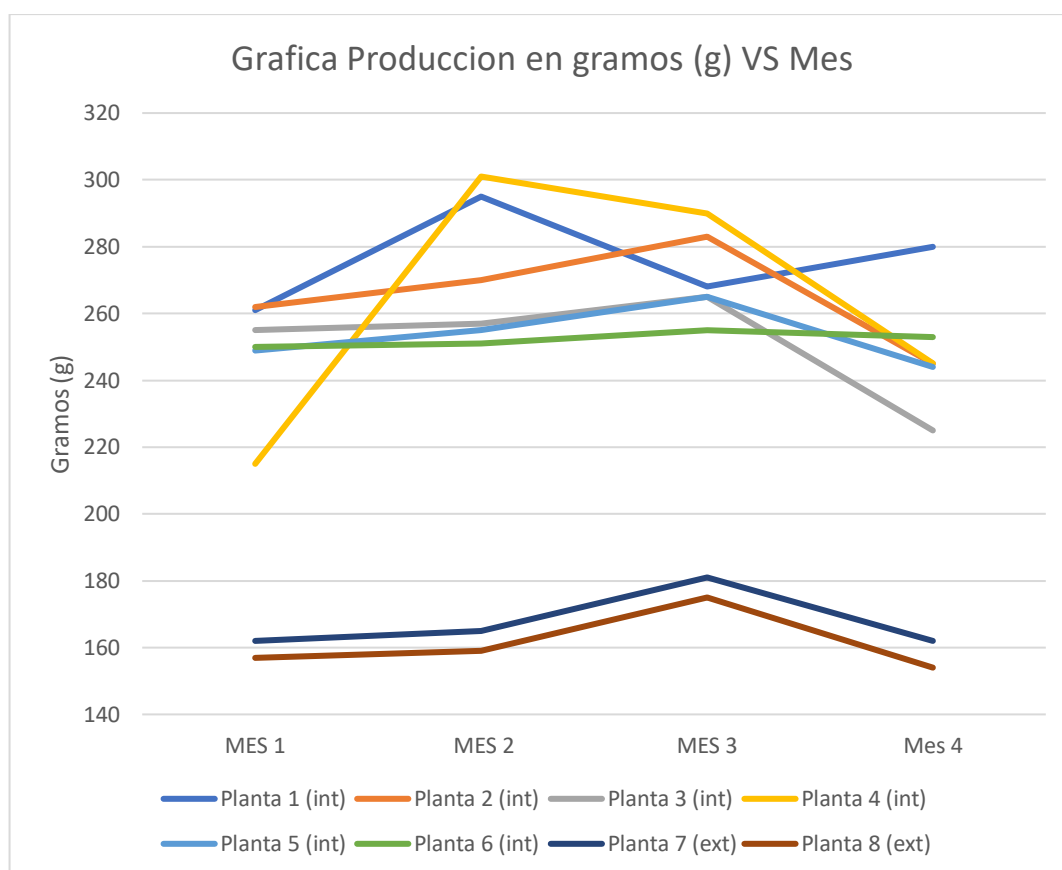


Figura 32. Gráfica de producción en gramos (g) VS. Mes. Elaborado por: Sebastian Herrera

El MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE, *Solanum Lycopersicum*, menciona que el tomate cherry INITA-41 es de crecimiento semideterminado con un fruto de color rojo, con un peso promedio de 15g y con rendimientos superiores a 6 kg/planta y la variedad INITA-112 alcanza producciones 6.3 kg/planta. Para poder alcanzar altos rendimientos es necesario saber la condición de la tierra para lo cual El MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE, *Solanum Lycopersicum*, recomienda hacer estudios químicos de la tierra para poder saber su estado y de esta manera poder proporcionar los nutrientes necesarios a la planta en cada una de sus etapas. [42]

Tabla 27. Nivel medio de nutrientes del suelo requerido para el cultivo de tomate [42]

NUTRIENTE	RANGO	MEDIDA
pH	De 5 a 6	
Acidez	De 0.3 a 1	Cmol/l
Ca	De 4 a 6	Cmol/l
Mg	De 1 a 3	Cmol/l
K	De 0.2 a 0.5	Cmol/l
P	De 12 a 20	mg/l
Cu	De 0.5 a 1	mg/l
Zn	De 2 a 3	mg/l
Mn	De 5 a 10	mg/l
Fe	De 5 a 10	mg/l
Fe/Mn	3	
Ca/Mg	De 2 a 5	
Ca/K	De 5 a 25	
Mg/K	De 2.5 a 15	
(Ca+Mg)/K	De 10 a 40	
MO	De 5 a 6	

4.2.3 Consumo de agua del prototipo

En el siguiente proceso se midió la cantidad de agua que se suministró a cada planta por medio de envases plásticos con medidor, tomando como dato técnico de los manuales de cultivo y tabulaciones de cada planta la cantidad de agua que se necesita aplicar, por medio de un mismo caudal generado por un orificio de un tubo PBC, se controla la cantidad suministrada por medio de la apertura temporalizada de una electroválvula.

Tabla 28. consumo de agua y valor a pagar

DETALLE	VALOR	TOTAL
Número de plantas	6	
Consumo de agua por cada planta	1 Lts=0.001 m ³	
Numero de riegos por semana	7	
Consumo de agua por semana	6*0.001 m ³ *7=	0.042(m ³)
Consumo de agua por mes	0.042*4(m ³)=	0.168(m ³)
Costo de agua potable	0.72 $\frac{\$}{m^3}$	
Consumo total	0.0168 m ³	
	0.6511 $\frac{\$}{m^3}$ *0.0168 m ³ =	
Subtotal costo de agua potable		\$ 2.46
Costo alcantarillado	(38.61%)* Sub	
	0.011\$*0.3861=	\$ 0.948
Costo administrativo (38.61%)	(3.185%)* Sub	
	0.011\$*0.3185=	\$ 0.078
Tasa recaudación de terceros	0.16=	\$ 0.1600
Total a pagar (\$)		\$ 3.646

Elaborado por: Sebastian Herrera

4.3 Estimación de costos de inversión

Tabla 29. Invernadero tipo capilla, medidas estándar, capacidad

	1	2	3	4
Ancho (m)	6.4	6.4	6.4	6.4
Largo (m)	20	25	30	35
Área (m²)	128	160	192	224
Plantas / m²	2.2	2.2	2.2	2.2

Elaborado por: Sebastian Herrera

Revisando el mercado de estructuras prefabricación de invernaderos se obtiene precios bases, los costos varían significativamente cuando estos no están en estos términos base, por lo tanto, se toma una referencia de un invernadero de 128 m² a un valor promedio de 23\$ por m² con un coto total de 2944\$. En este precio consta la infraestructura, terreno adecuado, plantas germinadas, plásticos y sistemas de automatización.

Se suma a este rubro el valor de los costos fijos, variables y el gasto financiero del proyecto, por los 5 meses preoperacionales, esto es desde la siembra hasta el inicio de cosecha por un monto de 320\$ mes con un total de 1600\$ en el rubro de fijos y variables y el gasto financiero por 33.33\$ mensuales con un total de 166.65\$ en 5 meses. Se considera un valor de 289.35\$ para posibles imprevistos.

Total invernadero	2944
Total costos variables y fijos	320
Total gasto financiero	166.65
Total imprevistos	289.35

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE INVERSIÓN 5000\$.

4.4 Evaluación del proyecto

4.4.1 Estimación de producción

De acuerdo a lo diferentes estudios presentados en un terreno de 128 m² la capacidad de siembra es de 2 plantas por m², dando un total de 252 plantas. El rendimiento mínimo de cada planta debe ser 200gr al mes para que el proyecto de resultados positivos. Para este proyecto se considera una etapa de cosecha de 5 meses, dicho lo anterior, para mantener una producción continua se determinó que la siembra debe ser en dos etapas con una diferencia de 5 meses. Las siembras serán de 141 plantas en el 50% del terreno, el total de producción con las 141 plantas sería de 28160gr, el costo de producción es de 0.015\$ por gramo. Si el producto es debidamente calificado como tomate 100% orgánico su precio de mercado duplicaría al precio de producción esto es a 0.030\$ generando un ingreso de 844.80\$ por mes.

En este proyecto se ocupó herramientas financieras para determinar (Valor Actual Neto) y (Tasa Interna de Retorno) conocidas comúnmente como VAN y TIR, normalmente se analiza la viabilidad de los proyectos a mediano y largo plaza. Dicho lo anterior, el VAN representa el análisis de restar el valor de la inversión de un proyecto al valor actual de flujo de caja neto que se tendrá, si el resultado es positivo nos indica que el proyecto es viable debido a que existe ganancia. La TD (Tasa de Descuento), es la que descuenta el flujo de caja neto proyectado, conocido también como tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima que se espera ganar con la inversión, entonces para poder obtener el VAN es necesario conocer la cantidad exacta de inversión, de flujo de caja neto proyectado y de la tasa de descuento. Por otro lado, el TIR (Tasa Interna de Retorno), es la herramienta financiera que nos indica si el proyecto es rentable con la máxima tasa de descuento que puede tener, dicho de otra manera, El TIR es un indicador de rentabilidad de un proyecto, de tal manera que el valor actual neto (VAN) es igual a cero, la TIR se compara con una tasa mínima, normalmente se compara la tasa de rentabilidad del proyecto con la tasa de rentabilidad de una cuenta de ahorros o depósito, si la tasa de rendimiento del proyecto supera a la tasa de corte se acepta la inversión. Para poder calcular el TIR es necesario conocer el tamaño de la inversión y el flujo de caja neto proyectado. [43]

Tabla 22. Resultado del VAN [43]

$VAN > 0$	Proyecto rentable
$VAN = 0$	Proyecto rentable, incorporado la tasa de descuento
$VAN < 0$	Proyecto no es rentable.

CONCLUSIONES

En la Ciudad de Quito, en un período de 12 años los huertos urbanos se incrementan en 1027.78%, esto significa que de 306 huertos en el año 2002 aumentan a 3700 huertos en el año 2019, llegando a producir 500,000 kilos de alimento anuales, contribuyendo con el medio ambiente por su eficiente sistema de reciclaje de residuos y aportando estabilidad económica a los diferentes emprendedores.

En este estudio se demuestra que el invernadero tipo capilla es el más adecuado debido que tiene un 10% menos en costos de inversión, mantenimiento y construcción, adicionalmente permite un fácil manejo de la luz y temperatura en su interior.

Esta investigación determinó que el sistema de control apropiado para huertos urbanos son los microcontroladores debido a que los costos de operación, instalación y adquisición llegan a ser un 95.23 % más económicos que otros sistemas como el PLC, permitiendo dar la posibilidad a diferentes emprendedores que opten por automatizar distintos sistemas domésticos o semi industriales en sus emprendimientos. Se tiene que tomar en cuenta que los PLC son más costosos debido a que son sistemas más robustos, cuentan con características como su propio IP, alta resistencia a los ruidos eléctricos, resistentes a impactos y vibraciones, etc. Lo que los hace herramientas ideales para la industria.

El en interior del invernadero se pudo controlar la temperatura en un rango de 12 a 27 grados centígrados por medio de microcontroladores y ventiladores de 140mm x 140mm x 25mm, se logró establecer la una humedad del suelo hasta un 62%. Adicionalmente se obtiene un ahorro del 20% del agua suministrada en las macetas de 19.80 litros de capacidad, generando así una productividad con el 60.89% más que cultivos al aire libre.

Es este estudio se demostró que la instalación de un invernadero automatizado por medio de microcontroladores es económicamente viable. Las proyecciones financieras demuestran que con un valor de inversión de \$5000, al construir un invernadero con un área de 128m², donde se pueden sembrar 141 plantas, se genera una ganancia promedio de \$381,91 al mes. Esto significa que, en un tiempo de 36

meses, se obtiene un valor del VAN positivo de \$1430,80. Por otra parte, se genera un valor de 6.7% en el TIR, con un tiempo de recuperación de la inversión en el segundo año.

RECOMENDACIONES

Se recomienda remplazarlos los sensores YL69 por los nuevos diseños de sensores como (icstation resistiva módulo) o el sensor (Gikfun EL 1940). Dichos sensores tienen una mayor resistencia a la humedad y mayor tiempo de vida útil.

Se sugiere realizar la programación del riego en horas de la tarde o noche para evitar la evaporación del agua por las altas temperaturas del medio día, permitiendo a la planta tener más tiempo para la absorción de nutrientes y generando así un mayor ahorro del agua suministrada.

Para obtener mayores resultados y garantizar una excelente producción es necesario realizar un estudio de suelos para determinar cuáles son las condiciones iniciales de los nutrientes del suelo y poder realizar así una correcta planificación de fertilizaciones.

Se recomienda revisar las fichas técnicas de cada tipo de planta para realizar una adecuada programación de los sistemas, tanto para el tamaño del invernadero como para su control de en las condiciones ambientales.

Se puede realizar un sistema de riego que almacene el agua antes de realizar el riego, de tal manera se puede controlar el PH de la misma o se puede agregar diferentes abonos orgánicos líquidos antes de ser suministrada a las plantas, se puede optar por depositar el agua lluvia en un bidón de 200 litros.

Se puede generar sistemas automatizados de cultivos indoor que permitan el control absoluto de las condiciones de temperatura, luminosidad, riego, oxígeno y CO₂ para disminuir el tiempo en los ciclos vegetativos y prolongar los ciclos de floración obteniendo así mejores resultados.

REFERENCIAS

- [1] ARDUINO, «ARDUINO.COM,» 17 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. [Último acceso: 17 09 2018].
- [2] F. Rodríguez Díaz, «books.google.com.ec,» 1 Noviembre 2002. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=cYAOAQAAQBAJ&pg=PA120&dq=invernadero+para+cultivos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwik1r3Yz8PdAhVL7FMKHSxODZIQ6AEIKzAB#v=onepage&q=invernadero%20para%20cultivos&f=false>. [Último acceso: 17 Septiembre 2018].
- [3] Z. Serrano Cermaño, «books.google.com,» 1 Enero 2005. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=GIip3Q7T9mEC&pg=PA62&dq=ventanas+cenitales+invernadero&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiDwOmf1MPdAhVPy1MKHWRhA4UQ6AEILzAC#v=onepage&q=ventanas%20cenitales%20invernadero&f=false>. [Último acceso: 17 Septiembre 2018].
- [4] A. Angelina Sotelo y A. Angelina Sotelo, «exa.unne.edu.ar,» 1 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Guiadeestudio-Movimientodelaplantas.pdf>. [Último acceso: 17 Septiembre 2018].
- [5] J. Acuña Acuña, «dialnet.unirioja.es,» 1 Enero 1990. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Sebas%20Asus/Downloads/Dialnet-AutomatizacionIndustrial-5678813.pdf>. [Último acceso: 18 Septiembre 2018].
- [6] J. Aguado Da Costa , «Uvadoc.uva.es,» 22 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/2930>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [7] A. E. Murillo Sánchez, «ctinmx,» 25 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].
- [8] G. CRUZ, «Revistas.unam.mx,» 1 Enero 2002. [En línea]. Available: <http://revistas.unam.mx/index.php/rme/article/view/4304/3837>. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].

- [9] C. ANTONACCI, «vix,» 1 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.vix.com/es/lej/hogar/145063/que-son-los-herbicidas>. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].
- [10] N. Castilla Prados, «books.google.com.ec,» 2007. [En línea]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=2kQZw3fNEPMC&pg=PA446&lpg=PA446&dq=\(Castilla.+2000\).+invernaderos&source=bl&ots=pIwniVmSF_&sig=ACfU3U3ok6JR1ECa8YSzYYw283yeRBuSlA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwihqM_nnIXnAhXRzlkKHQBjCvQQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=2kQZw3fNEPMC&pg=PA446&lpg=PA446&dq=(Castilla.+2000).+invernaderos&source=bl&ots=pIwniVmSF_&sig=ACfU3U3ok6JR1ECa8YSzYYw283yeRBuSlA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwihqM_nnIXnAhXRzlkKHQBjCvQQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q&f=false). [Último acceso: 1 Abril 2020].
- [11] Horticultivos, «Horticultivos.com,» 26 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.horticultivos.com/agricultura-prottegida/invernaderos/principales-tipos-invernaderos/>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].
- [12] M. Mamani, M. Villalobos y R. Herrera, «scielo.conicyt.cl,» 31 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400599&lang=pt#aff1. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].
- [13] J. C. McCornaca y S. F. Csernak, Diseño de estructuras de acero, México, D.F. : Alfaomega, 2013, 2013.
- [14] N. Rivero Rodriguez, «books.google.com.ec,» 2018. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=YoNcDwAAQBAJ&pg=PT82&lpg=PT82&dq=N.+Rodriguez,+%C2%ABMantenimiento+y+manejo+de+invernaderos,%C2%BB&source=bl&ots=SJN72VscwA&sig=ACfU3U3ClfWNUdaCgQsBJDmTfkotrcFVQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjs5LG9loXnAhWvrVvKHbUfDGcQ6AE>. [Último acceso: 15 Abril 2020].
- [15] <https://infoguia.com/>, «Infoguia,» 16 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://infoguia.com/infotip.asp?t=huerto-y-su-definicion&a=960>. [Último acceso: 29 Nov 2019].
- [16] E. g. tecnologí, «ECOINVENTOS green tecnologí,» 10 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/los-huertos-urbanos-han-llegado-para-quedarse/>. [Último acceso: 1 Diciembre 2019].

- [17] M. Pacheco, «Elcomercio,» 23 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quitenos-huertos-hogares.html>. [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [18] Z. Serrano Cermeno, «Books.google.es,» 2005. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Glip3Q7T9mEC&oi=fnd&pg=PA3&dq=tipos+de+invernaderos&ots=Q1txsbo4qO&sig=DfNbdGCjuCzR3A1mtvkl3LyZ7aA#v=onepage&q=tipos%20de%20invernaderos&f=false>. [Último acceso: Domingo 10 2018].
- [19] G. Reyes Tirador, «Archivo greenpeace.org,» Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2015/Report/agricultura/GPI-EcoFarming-DEF-HR.pdf>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].
- [20] R. JIMÉNEZ BALLESTA y . V. GONZÁLEZ-QUIÑONES, «LA CALIDAD DE SUELOS COMO MEDIDA PARA SU,» 13 Agosto 2006. [En línea]. Available: <http://150.214.61.135/revista/tomo13c/articulo125.pdf>. [Último acceso: 02 Septiembre 2020].
- [21] A. Bautista Cruz, J. Etchevers Barra, F. Del Castillo y C. Gutierrez , «Ecosistemas, revista científica de ecología y medioambiente,» 2 Febrero 2004. [En línea]. Available: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572..> [Último acceso: 1 Enero 2020].
- [22] Z. Serrano Cermeño, «books.google.es,» 2005. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Glip3Q7T9mEC&oi=fnd&pg=PA3&dq=construccion+de+invernaderos+serrano+cerme%C3%B1o+&ots=Q1uyras8rN&sig=f4uHfV18diyWk2m7ipHgFzXWetQ#v=onepage&q&f=false>. [Último acceso: 03 Marzo 2019].
- [23] B. A. Atúnez, D. M. L. y S. F. E., «<http://biblioteca.inia.cl>,» 1 Enero 2010. [En línea]. Available: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR36672.pdf>. [Último acceso: 13 Mayo 2019].
- [24] J. Montañez Ruiz , «riunet.upv.es,» 30 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86108/MONTA%C3%91EZ%20->

%20DESARROLLO%20DE%20SISTEMA%20BASADO%20EN%20MICROCONTROLADOR%20PARA%20LA%20AUTOMATIZACI%C3%93N%20DE%20UN%20ACUARIO..pdf?sequence=1. [Último acceso: 10 Abril 2020].

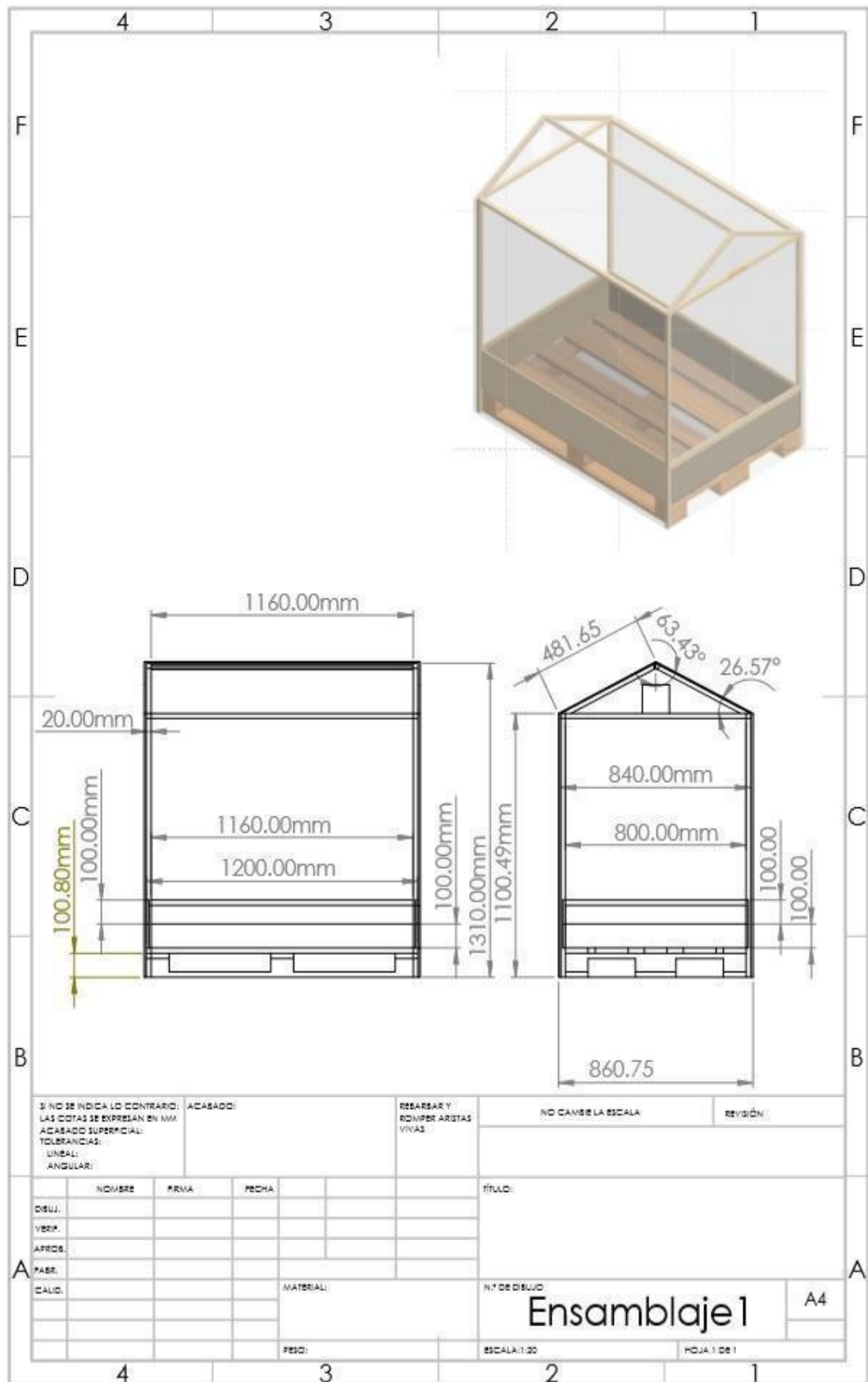
- [25] A. Rodriguez Dueñas y I. Proaño Rivera, «conquito.org.ec,» Octubre 2016. [En línea]. Available: http://www.conquito.org.ec/wp-content/uploads/2016/11/QUITO_SIEMBRA_AGRICULTURA_URBANA_CONQUITO.pdf. [Último acceso: 20 Marzo 2020].
- [26] INEC, «<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>,» 2015. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2015/Presentacion_informacion_ambiental_en_la_agricultura_2015.pdf. [Último acceso: 20 Julio 2020].
- [27] A. E. HIDALGO VALVERDE, «<http://repositorio.puce.edu.ec/>,» 1 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8984/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 21 Julio 2020].
- [28] A. Torres P., «INIA,» 01 01 2017. [En línea]. Available: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/11%20Manual%20Tomate%20Aire%20Libre.pdf>. [Último acceso: 10 Marzo 2020].
- [29] E. Comercio, «Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales,» 12 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ocho-variedades-de-tomate-rinon.html>. [Último acceso: 1 Abril 2020].
- [30] E. Comercio, «Elcomercio.com,» 13 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/tendencias/identifican-ciencia-nuevos-genes-tomate.html>. [Último acceso: 1 Abril 2020].
- [31] D. Betancourt, «ingenioempresa.com,» 19 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/matriz-foda/>. [Último acceso: 1 Enero 2020].
- [32] M. De los Angeles Duarte, S. Dueñas, D. Zorrilla y R. Peñaherrera, «<http://desintecsa.com/>,» Septiembre 2016. [En línea]. Available:

- <http://desintecsa.com/Normativas/Ingenierias/NEC15/GUIA-4-MADERA.pdf>. [Último acceso: 1 Diciembre 2020].
- [33] R. L. Mott, MECANICA DE FLUIDOS. Sexta edicion, Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [34] Zeokat, «vozidea.com,» 30 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.vozidea.com/que-es-putty-y-para-que-sirve>. [Último acceso: 1 Diciembre 2020].
- [35] L. LLAMAS, «www.luisllamas.es,» 21 OCTUBRE 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>. [Último acceso: 8 JUNIO 2020].
- [36] L. LLAMAS , «www.luisllamas.es,» 29 MARZO 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-dht11-dht22/>. [Último acceso: 8 06 2020].
- [37] L. LLAMAS , «www.luisllamas.es,» 19 ENERO 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>. [Último acceso: 8 JUNIO 2020].
- [38] L. LLAMAS , «www.luisllamas.es,» 18 OCTUBRE 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>. [Último acceso: 8 JUNIO 2020].
- [39] L. LLAMA , «www.luisllamas.es,» 23 JULIO 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-salida-rele/>. [Último acceso: 9 JUNIO 2020].
- [40] H. A. CORDOBA, A. V. GÓMEZ y E. Ñ. CARLOS, «PORTAL DE REVISTAS UPCT,» 1 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7348>. [Último acceso: 17 Junio 2020].
- [41] H. D. J. HERRERA, A. H. SALAZAR y C. N. AGUIRRE, «<https://dx.doi.org/>,» 1 Julio 2005. [En línea]. Available: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.....> [Último acceso: 15 Junio 2020].
- [42] L. M. Ing. Arg. López Marín , «<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual>,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>. [Último acceso: 10 Junio 2020].

- [43] A. KAMIYA, «crecenegocios,» 14 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.crecenegocios.com/van-y-tir/>. [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [44] M. A. Curay Medina y M. G. Tituaña Pulupa, «Agroecología y Turismo en lo huertos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Caso AGRUPAR,» 15 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9207>.
- [45] S. d. Comunicación, «<http://prensa.quito.gob.ec/>,» 1 Enero 2017. [En línea]. Available: http://prensa.quito.gob.ec/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=23772&umt=Huertos%20urbanos%20una%20opci%F3n%20sana%20y%20econ%F3mica. [Último acceso: 26 Noviembre 2019].
- [46] [En línea].
- [47] E. Comercio, «elcomercio.com,» 23 Abril 2017. [En línea]. Available: 202elcomercio.com/actualidad/quitenos-huertos-hogares.html. [Último acceso: 20 Mayo 2020].

ANEXOS

Anexo A: Planos



Elaborado por: Sebastian Herrera

Anexo B: Cotización PLC LOGO V8

OFERENTE:

ING. ERICK CAEA

Proforma N° 001-020-0000255
 Fecha de elaboración: 27/03/2020
 Fecha de vigencia: 10/04/2020
 RUC: 1725277956001
 Dirección: AV Mariscal Sucre y S37E (Terminal Quitumbe)
 Ciudad: Quito-Ecuador
 Teléfonos: 0990919795
 Correo electrónico: infoec.prodetech@gmail.com



CLIENTE:

Nombre: Sebastian Herrera
 Dirección: ---
 Ciudad: ---
 RUC: ---
 Telefono: 0984250298

CONCEPTO:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC LOGO! V8 12/24RC Alimentación: 12/24 VDC Entradas: 4DI / 4AI (0-10V) Salidas: 4DO tipo relé	1	180,00	180,00
2	LOTE 5 UNIDADES SENSOR DE HUMEDAD SUELOS (Opción 1) Tiempo de importación: 60 días desde china	1	30,00	30,00
3	SENSOR DE HUMEDAD SUELOS (Opción 2)	1	4,00	4,00
4	Programación PLC, se debe analizar el alcance y características del proyecto	1	--	--
5	Instalación, se debe analizar el alcance y características del proyecto	1	--	--
			SUBTOTAL	214,00
			IVA	25,68
			TOTAL	239,68

Anexo C: Ficha técnica madera Pino

FAMILIA PINACEAE

Nombre Científico

Pinus radiata D. Don

Sinónimos: *Pinus insignis* Douglas ex Loudon

Nombres Comunes: pino insigne y pino monterrey.

Usos: La madera es usada en la fabricación de muebles, pulpa y papel, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapados y de fibras, ebanistería, tapicería, instrumentos musicales. Además, las hojas se usan medicinalmente (De la Torre *et al.* 2008)

Distribución geográfica dentro de Ecuador: Árbol introducido y cultivado de Galápagos y Andes, se distribuye de 0 a 1500 y de 2000 a 4000 msnm. en las provincias de Cañar, Cotopaxi, Galápagos y Loja (Jorgensen y León 1999).

Descripción Anatómica

Poros	Ausentes.
Parénquima	No es visible ni con lupa de 10x.
Radios	Finos, difícilmente visibles con lupa de 10x. Presencia de conductos resiníferos.

PROPIEDADES FÍSICAS

Densidad (g/cm ³)	En verde	Básica	Seca al aire
	1.04	0.39	0.49
Contracción Normal (%)	Radial	Tangencial	Volumétrica
	3.0	5.2	1.73

PROPIEDADES MECÁNICAS

	MOEx10 ¹	MOR	ELP
Flexión estática (Kg/cm ²)	110.2	793	555
Compresión paralela (Kg/cm ²)	107.8	434	299
Compresión perpendicular (Kg/cm ²)		136	74
Autor: Centro de Capacitación e Investigación Forestal	Año: 1981	Lugar de la muestra: Provincia de Cotopaxi	
Tipo de publicación: Monografía	Repositorio: Biblioteca General Centralizada	Institución: Universidad Técnica del Norte	

PROPIEDADES FÍSICAS					
	En verde	Básica		Seca al horno	Seca al aire
Contenido de Humedad (%)	107.09 a 93.46		51.53 a 47.99		
Densidad (g/cm³)	0.98 a 0.99		0.48 a 0.52		0.52 a 0.55
Contracción (%)	Radial	Tangencial	Longitudinal	Volumétrica	Relación Tangencial/Radial
Normal	1.61	2.69	0.41 a 0.49	8.11 a 7.77	1.67
Total	2.04 a 2.06	5.66 a 5.22			2.96 a 2.66
PROPIEDADES MECÁNICAS					
	MOE×10⁴		MOR		ELP
Flexión estática (Kg/cm²)	106553.49 a 93449.65		830.49 a 755.48		633
Compresión paralela (Kg/cm²)			426.91 a 388.18		336
Compresión perpendicular (Kg/cm²)					59.20 a 58.43
Cizallamiento /Corte paralelo a la fibra (Kg/cm²)	ERZ				
	89.45 a 106.33				
Extracción de clavos (Kg)	Radial		Tangencial		Transversal
	88.70 a 74.00		86.50 a 77.50		60.00 a 58.00
Dureza (kg)	Radial		Tangencial		Transversal
	449.50 a 425.50		423.50 a 426.00		383.50 a 423.50
Autor: 1* Crespo, R. y Jiménez, E.	Año: 2007	Lugar de la muestra: Área de influencia del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos y área de influencia del cantón Balzar, provincia del Guayas.			
2* Vázquez, E.	1977	Área de influencia del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos y área de influencia del cantón Balzar, provincia del Guayas.			
Tipo de publicación: 1* Tesis de grado (III Nivel)	Repositorio: Biblioteca General	Institución: Universidad Técnica Estatal de Quevedo			
2* Tesis de grado (III Nivel)	Biblioteca	Universidad Técnica Luis Vargas Torres			

Anexo D: Ficha técnica madera Pino

FAMILIA CARYOCARACEAE

Nombre Científico

Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.

Sinónimos: *Caryocar glabrum* Pers., *Caryocar glabrum* subsp. *glabrum*

Nombres Comunes: almendro.

Usos: El fruto es comestible, se usa además medicinalmente (De la Torre *et al.* 2008).

Distribución geográfica dentro de Ecuador: Árbol nativo de la Amazonía, se distribuye de 0 a 1000 msnm. en las provincias de Napo y Pastaza (Jorgensen y León 1999).

PROPIEDADES FÍSICAS			
Densidad (g/cm³)	Anhidra		Seca al horno
	0.67		0.78
PROPIEDADES MECÁNICAS			
	MOE x10⁴	MOR	ELP
Flexión estática (Kg/cm²)	122.0	1049.0	892.0
Compresión paralela (Kg/cm²)	587.0		536.0
Compresión perpendicular (Kg/cm²)			248.0
Dureza (Kg)	Lados		Extremos
	1080.0		1280.0

Anexo E: Comparación entre las maderas Pino y Teca

Material = PINO										Material = TECA									
1	MOR=Modulo de ruptura (Kg/cm ²)=									MOR=Modulo de ruptura (Kg/cm ²)=									
2	MOE=Modulo de elasticidad(Kg/cm ²)=		793							MOE=Modulo de elasticidad(Kg/cm ²)=		755,48							
3	El P=esfuerzo limite de proporcion (Kg/cm ²)=		110200							El P=esfuerzo limite de proporcion (Kg/cm ²)=		106563,90							
4	Densidad de la madera (gr/cm ³)=		555							Densidad de la madera (gr/cm ³)=		633							
5			0,39									0,52							
6																			
7	Cargas persona P=(kg)	68	68,04	68	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	Cargas persona P=(kg)	68	68,04	68	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
8	Longitud de viga (m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	Longitud de viga (m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
9	Lado b en cm=	2	3	4	4	4	4	4	4	Lado b en cm=	2	43	4	4	4	4	4	4	4
10	Lado h en cm=	2	3	4	4	4	4	4	4	Lado h en cm=	2	3	4	4	4	4	4	4	4
11	W = (a ³ /3)/6	1,333	4,500	10,667	10,667	10,667	10,667	10,667	10,667	W = (a ³ /3)/6	1,333	13251,167	10,667	10,667	10,667	10,667	10,667	10,667	10,667
12	Area cm ² =	4	9	16	16	16	16	16	16	Area cm ² =	4	129	16	16	16	16	16	16	16
13	Inercia(cm ⁴)	1,333	6,750	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333	Inercia(cm ⁴)	1,333	96,750	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333
14	Volumen de la viga (cm ³)=	480	1080	1920	1920	1920	1920	1920	1920	Volumen de la viga (cm ³)=	480	15480	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920
15	Peso de la viga (kg/m)=	0,187	0,421	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	0,749	Peso de la viga (kg/m)=	0,2496	8,0496	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984
16																			
17	Peso total =(kg)	68,225	68,544	68,899	196,899	197,899				Peso total =(kg)	68,300	77,700	69,198	197,198	198,198				
18	RA=RB=(Kg)	34,112	34,272	34,449	98,449	98,949				RA=RB=(Kg)	34,150	38,850	34,599	98,599	99,099				
19	Mmax(Kg*m)=	20,467	20,563	20,670	59,070	59,370				Mmax(Kg*m)=	20,490	23,310	20,759	59,159	59,459				
20																			
21	Esfuerzo maximo (Kg/cm ²)=	1535,054	456,963	193,777	553,777	556,590				Esfuerzo maximo (Kg/cm ²)=	1536,74	0,18	194,62	554,62	557,43				
22	Esfuerzo admisible (Kg/cm ²)=	555	555	555	555	555				Esfuerzo admisible (Kg/cm ²)=	633	633	633	633	633				
23	Es max < Es. Adm	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	FALSO				Es max < Es. Adm	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO				
24	F= factor de seguridad>1	0,4	1,2	2,9	1,0	1,0				F= factor de seguridad>1	0,4	3598,5	3,3	1,1	1,1				
25																			
26	Deformacion calculada (cm)=	16,72	3,32	1,06	3,02	3,03				Deformacion calculada (cm)=	0,01731	0,00027	0,00110	0,00312	0,00314				
27	Deformacion calculada (mm)=	167,16	33,17	10,55	30,15	30,30				Deformacion calculada (mm)=	0,173	0,003	0,011	0,031	0,031				
28																			
29																			

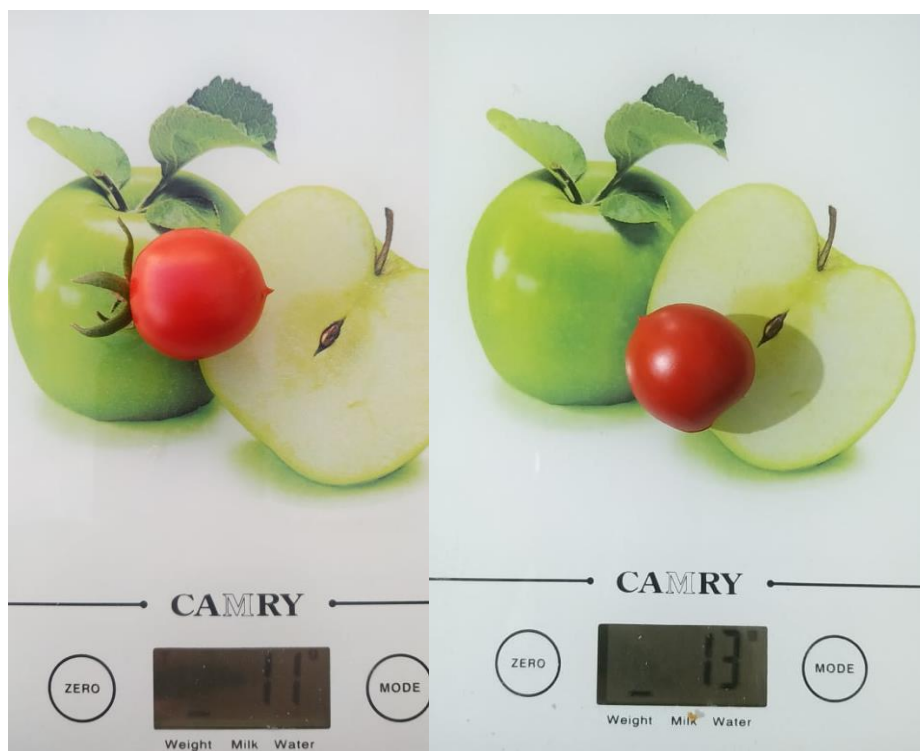
Elaborado por: Sebastian Herrera

Anexo F: Diámetros de Tomate cherry de 26 a 27 mm



Fotografías tomadas por: Sebastian Herrera

Anexo G: Peso de tomate cherry de 11 a 13 gramos



Fotografías tomadas por: Sebastian Herrera

Anexo H: Diámetro de tomate cherry de 21 a 22 mm



Fotografías tomadas por: Sebastian Herrera

Anexo I: Peso de tomate cherry de 6 a 8 gramos



Fotografías tomadas por: Sebastian Herrera

Anexo J: Programación

//Incluiremos al sistema las librerías para que los sensores sean reconocidos y se pueda programar su funcionamiento.

```
#include <RTClib.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include "RTClib.h"
```

```
RTC_DS1307 RTC;
```

```
#include <DHT.h>
```

//Asignamos nombre de nuestros pines de Arduino a utilizar

```
int fan=3;
```

```
const int sensorDHT=A2;
```

//Declaramos 2 variables tipo entero para almacenar los datos leídos del sensor

```
int temp, humedad;
```

//Le asignamos un nombre a nuestro objeto

```
DHT dht (sensorDHT,DHT11);
```

//Configuración inicial de la Tarjeta Arduino, especificación de señales de entrada a cada pin.

```
int pump = 2;
```

```
static unsigned long pumptime = 0;
```

```
static unsigned long timerpump = 0;
```

```
int s_analogica_mql35=0;
```

```
int aire =12;
```

```
int CO2=11;
```

//Configuración para poder imprimir los datos y acciones generadas.

```
int printtxt=10000;
```

```
unsigned long prevTiempo = 0;
```

```
const long intervalo = 10000; // tiempo en ms
```

```
void setup ()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600); //Iniciamos comunicaciòn con la PC a 9600 Baudios
```

```
  pinMode(fan,OUTPUT); //Le indicamos que el fan (pin 8) será de salida
```

```
  dht.begin(); //Iniciamos nuestro sensor DHT11
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```

    pinMode(A2, INPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
Wire.begin();
RTC.begin();
//Configuración para poder obtener la fecha y hora.
RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
Serial.begin(10000);
    Serial.begin(9600);
    pinMode(aire,OUTPUT);
    pinMode(CO2,OUTPUT);
    pinMode(pump,OUTPUT);
    digitalWrite(aire,LOW);
    digitalWrite(CO2,LOW);
}
void loop(){
    humedad= dht.readHumidity(); //Función incluida en la librería. Permite leer la
humedad.

    temp= dht.readTemperature(); //Permite leer la temperatura.
    DateTime now = RTC.now();
delay(29 * 60 * 1000);
    unsigned long tiempoActual = millis();
    if (tiempoActual - prevTiempo >= intervalo){
        //Serial.println("Fecha,Hora,Temperatra,Humedad aire,Humedad tierra,CO2,");
        Serial.print(now.day(), DEC); // Año
        Serial.print("/");
        Serial.print(now.month(), DEC); // Mes
        Serial.print("/");
        Serial.print(now.year(), DEC); // Dia
        Serial.print(",");
        Serial.print(now.hour(), DEC); // Horas
        Serial.print(":");
        Serial.print(now.minute(), DEC); // Minutos
        Serial.print(":");
        Serial.print(now.second(), DEC); // Segundos

```

```

    Serial.print(",");
prevTiempo = tiempoActual;
}
//Se imprime en pantalla los datos leídos.
Serial.print(temp);
Serial.print("°C,"); //Tempertura: 29°C
//Serial.print("Humedad aire: ");
Serial.print(humedad);
Serial.print("%,");
//Pausa de 1 Segundo para poder apreciar los datos.
while (temp>=22){ //Condición para mantener el ambiente fresco.
    //Serial.println("fan Encendidos");
    digitalWrite(fan,HIGH); //Encendemos el fan
    temp= dht.readTemperature(); //Volvemos a leer la temperatura
}
    digitalWrite(fan,LOW);
{
    int SensorValue = analogRead(A1); //take a sample
    //Serial.print("Humedad tierra: ");
    Serial.print(SensorValue);
    Serial.print(",");

    /* if(SensorValue >= 1000)
    {
        //Serial.println("Sensor is not in the Soil or DISCONNECTED");
    }*/
    if(SensorValue >= 700)
    {
        digitalWrite(pump,HIGH);
        Serial.print("ON,");
        delay(60 * 10000);
    digitalWrite(pump,LOW)
        // Serial.println("Soil is DRY");
    }
}

```

//Configuración para medir la humedad relativa del suelo (rango de resistencia del sensor de humedad).

```
if(SensorValue <=699)
{
  //Serial.println("Soil is HUMID");
  digitalWrite(pump,LOW);
  Serial.print("OFF,");
  delay(60 * 10000);
}
}

s_analogica_mq135 = analogRead(0);
//Serial.print("CO2: ");
Serial.print(s_analogica_mq135, DEC);
//Serial.println(" ppm");
//dioxido de carbono
if(s_analogica_mq135<=1000 && s_analogica_mq135<=1000)
{
  //Serial.println(" dioxido de carbono CO2");
  digitalWrite(aire,LOW);
  digitalWrite(CO2,HIGH);
}/*
```

//Configuración para activar una señal de salida, con lo cual activaremos una electroválvula durante un minuto para activar el sistema de riego.

```
if(pump=HIGH){
  Serial.print(",ON");
}

if(pump=LOW){
  Serial.print(",OFF");
}/*

if(fan=HIGH){
  Serial.print(",ON");
}

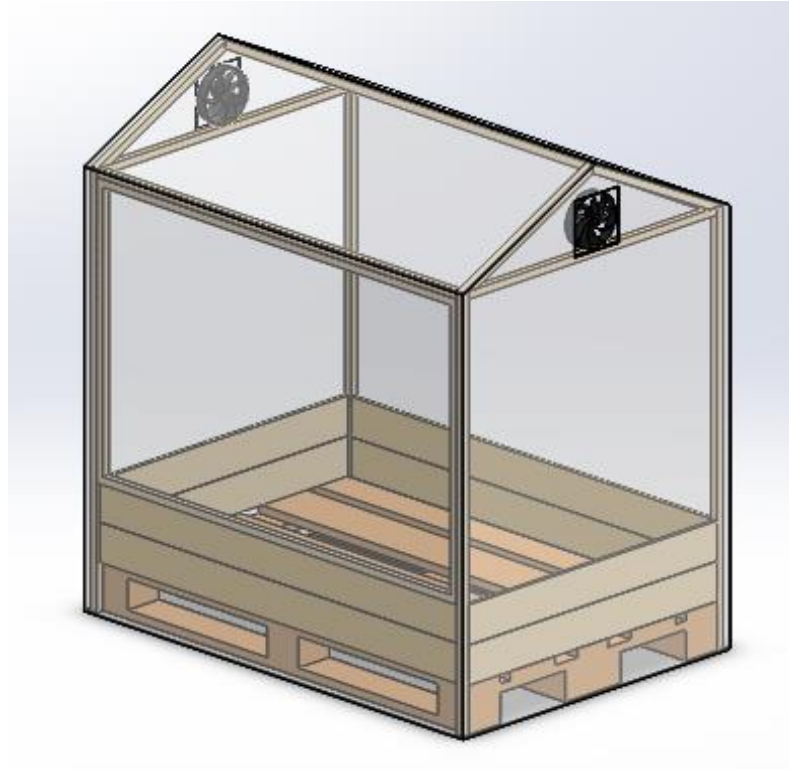
if(fan=LOW){
  Serial.print(",OFF");
```

```
}  
*/  
Serial.println("");  
}
```

Anexo K: Manual de mantenimiento

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Elaborado por: Sebastian Herrera



PROTOTIPO DE INVERNADERO URBANO AUTOMATIZADO DE TRES METROS CÚBICOS

Nombre del propietario:

Nombre del constructor: Juan Sebastian Herrera Gonzalez

Fecha:

Especificaciones Técnicas

Estructura

La estructura es de madera de Pino de sección cuadrada de 3 centímetros por 3 centímetros. Sus propiedades mecánicas son:

- Módulo de Elasticidad en Flexión (MOE): $110.2 \times 10^3 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
- Módulo de Rotura (MOR): $793 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
- Limite Proporcional (ELP): $555 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

Fill de plástico marca pqa.

El fil plástico cubre a todo el invernadero, permite el paso de la energía solar necesaria para la planta, adiciona mantiene las condiciones climatológicas adecuadas al interior del invernadero para obtener excelentes resultados de crecimiento y producción

PROPIEDADES GENERALES, OPTICAS Y MECANICAS.		
PROPIEDADES	Especificación	Norma
ANCHO	0.60m – 9m	
TONALIDAD	Trasparente	
TRANSMISION DE LUZ	85 % +/- 5	CC-2-4
DIFUSIÓN DE LUZ TOTAL	75 % +/- 5	CC-2-4
BLOQUEO UV	2 %	CC-2-4
290NM-340NM (%TRANSMISIÓN)		
TRANSMISIÓN DE LUZ UV	1.5 %	CC-2-4
A 340 nm		
RESISTENCIA AL IMPACTO	300 g min	ASTMD 1709

Ventilador

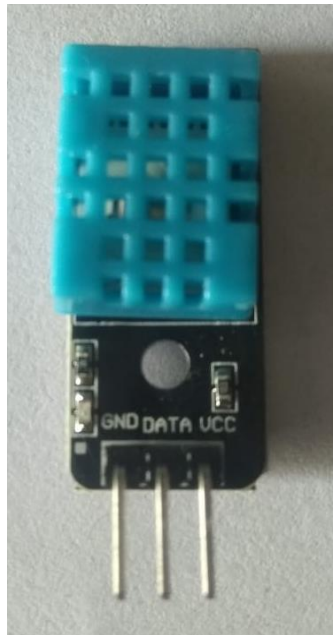
El ventilador eléctrico permite controlar la temperatura y renovación del aire en el interior del invernadero generando el ingreso, salida y movimiento del aire.

VENTILADOR ELECTRICO	
Marca	Thermaltake
Modelo	CL-F013-PL14BL-A
Color	Negro
Dimensiones	140 mm x 140 mm x 25 mm
Flujo de Aire	55.236 CFM
Nivel de ruido	20.0 decibeles
RPM	1000
Alabes	9
Voltaje	12V DC
Amperaje	0.30 AMP

Módulo de temperatura y humedad relativa DHT11

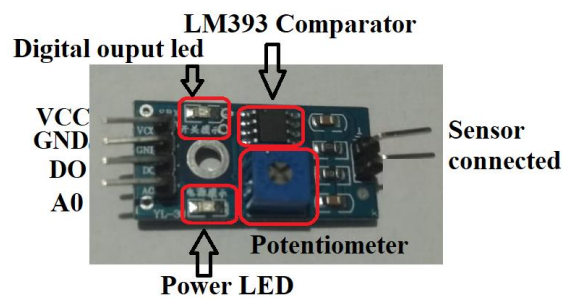
El módulo DHT11 es un sensor básico y muy utilizado que permite medir tanto la humedad relativa del aire por medio de un sensor capacitivo y un termistor para poder calcular la temperatura, acoplado en un circuito electrónico que permite la conversión analógica a digital enviando así una señal digital con la medición de la humedad y temperatura del aire.

Modulo DHT11	
Voltaje	3 V (MiN) – 5.5 (Max) V DC
Corriente	0.5 mA (Min) - 2.5 mA (Max)
Lectura humedad	+/- 2% a 5% de precisión
Lectura temperatura	+/- 2°C de precisión
Capacidad de medir humedad	20% a 80%
Capacidad de medir temperatura	0 a 50°C
Velocidad de muestreo	Una vez cada segundo
Dimensiones	15.5mm x 12mm x 5.5mm



Módulo de humedad de la tierra LY69

El módulo de humedad relativa de la tierra LY69 es un hidrómetro que se utiliza generalmente para determinar la humedad relativa del suelo o cualquier sustrato, perfecto para ser utilizado en sistemas de riego automatizados, el sensor esta conformado por dos piezas metálicas separadas.

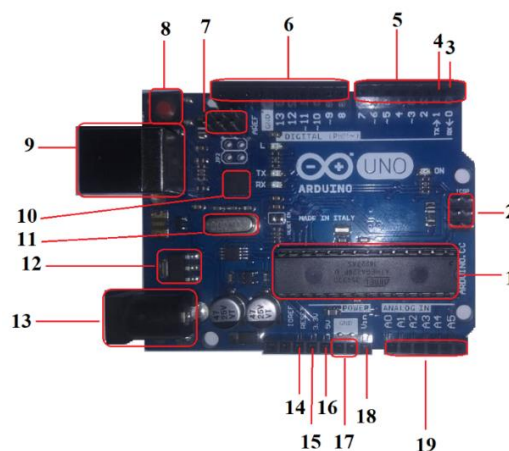


Módulo humedad de suelo LY-69	
Voltaje	Min 3.3 V DC - Max 5 V DC
Amperaje	35 mA
Sensor en suelo seco	0-300
Sensor en suelo mojado	300-700
Sensor en agua	700-950

Arduino

Es un microcontrolador de placa basada en ATMEGA que ofrece una variedad de modelos con diferentes capacidades, dispone de un hardware y software libre, flexible y fácil de usar. Un hardware libre son dispositivos que tienen sus especificaciones y diagramas de acceso público de tal manera que cualquier otra persona o empresa puede replicar sus propias placas, un software libre es la información digital que usa la placa para poder realizar diferentes tareas, de la misma manera es información libre de acceso público, esto significa que cualquier otra persona o empresa puede utilizar esa información digital.

Arduino dispone de todos los elementos necesarios para poder conectar señales de entradas y salidas, que puedan ser programadas tanto en Windows como en macOS y GNU/Linux.



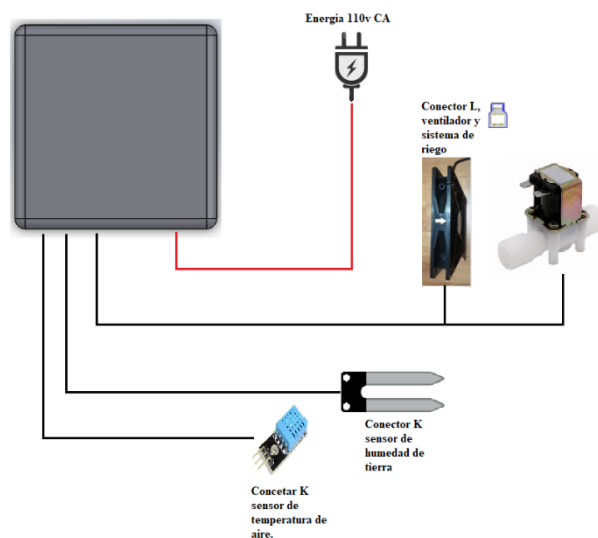
Arduino UNO

# Partes	Descripción
1	ATmega 328 microcontrolador. El corazón de nuestro Arduino, el procesador.
2	ICSP: In-Circuit Serial Programming.
3	Serial IN (TX) y Serial IN (RX): puertos serie están físicamente unidos a distintos pines de la placa Arduino.
4	Serial IN (TX) y Serial IN (RX): puertos serie están físicamente unidos a distintos pines de la placa Arduino.
5	Utilizaremos estos pines con instrucciones como <i>digitalRead</i> (), <i>digitalWrite</i> (). <i>analogRead</i> () y <i>analogWrite</i> () funcionarán únicamente en los pines con el símbolo PWM.
6	Utilizaremos estos pines con instrucciones como <i>digitalRead</i> (), <i>digitalWrite</i> (). <i>analogRead</i> () y <i>analogWrite</i> () funcionarán únicamente en los pines con el símbolo PWM.
7	Voltaje Input. Deberá llegarle una tensión regulada y estable (ya que no pasa por el regulador -nº12-) de 5V.
8	Botón Reset. Restablece el microcontrolador ATmega.
9	Se utiliza para la alimentación de la interfaz Uno Genuino, la carga de nuestros programas, y para la comunicación con nuestra placa (a través de serie. <i>Println</i> (), etc.). El regulador de tensión ubicado a su lado, convertirá la tensión que le llega a través de este <u>puerto usb</u> y hará que trabaje a 5V.
10	Chip de comunicación serie.
11	Reloj / Crystal 16 Mhz oscilador: se usa como reloj externo en el montaje del Arduino.
12	Regulador de tensión. Tenemos que tener en cuenta que para que trabaje a 5V nuestra placa deberá recibir unos 6,5V – 7V, pero todo lo que esté por encima de este valor se desperdiciará (es decir, sobrecalentará nuestra placa de arduino y mayor calor que tendrá que disipar el regulador). En cualquier caso no está recomendado aplicar al regulador más de 12V y a los 20V se dañará.

- 13 Conector de alimentación.** Esta es la forma de alimentar nuestra placa cuando no está conectada a un puerto USB para para suministrarle corriente eléctrica. Puede aceptar tensiones entre 7-12V.
- 14 Reset pin:** Restablece el microcontrolador ATmega. A su izquierda está el conector **IOREF:** Digital Reference input V, y a continuación un pin reservado para futuras finalidades.
- 15 3,3V:** Voltaje Input.
- 16 5V:** Voltaje Input.
- 17 GND:** proporciona masa, tierra, negativo a nuestros circuitos.
- 18 Vin:** Voltaje Input. Deberá llegarle una tensión regulada y estable (ya que no pasa por el regulador -nº12-) de 5V.
- 19 Pines analógicos:** Utilizaremos estos pines con instrucciones como *analogRead ()*.
-

Funcionamiento

El funcionamiento del invernadero es completamente automático, al terminar de armar el prototipo como lo indica el manual de construcción, se debe conectar cada sensor y actuador en el lugar indicado por el manual de construcción, cada sensor y actuador disponen de cables y conectores diferentes, los cuales tiene una sola entrada para la caja controladora, en la que esta equipada el microcontrolador, a finalizar la conexión de cada cable se tiene que conectar la caja controladora a una toma de corriente de 110v CA y se procede a apagar el botón de encendido, esperar 15 segundos y apagar el botón rojo (RESET) en la parte posterior de la caja, este botón reiniciara el sistema permitiendo así que este arranque nuevamente y proceda a tomar las mediciones de las diferentes variables.



Recomendaciones de mantenimiento

Estructura

El material de la estructura es de madera, por lo que tiene una capa de sellador de madera transparente con un buen acabado, generando así una película que lo protege al estar en la intemperie y de la humedad generada al interior del invernadero. La estructura no debe ser golpeada debido a que la protección del sellado puede desprenderse. La estructura se puede pintar de cualquier color si el dueño lo desea, preferiblemente tiene que ser una pintura para exteriores que resista la humedad. Para poder limpiar la estructura es recomendable utilizar un paño seco o poco húmedo, no se tiene que mojar la estructura.

Para poder fijar el fill plástico a la estructura se utilizan grapas o tachuelas, si el fill plástico tener que ser removido e instalado de nuevo se recomienda grapar el fill en los mismos orificios ya generados, verificando que el fill plástico este estirado y templado correctamente.

Por ningún motivo se tiene que subir a la parte superior de la estructura, si se necesita limpiar o ensamblar algún sensor o actuador utilizar una escalera, la misma no tiene que ser apoyada en la estructura ya que se puede generar daños a la misma.

Fill plástico

El fill plástico tiene que ser adecuadamente instalado de tan manera de que este templado para evitar acumulación de agua en la parte superior, este se tiene que limpiar con un trapo húmedo una vez por semana para evitar que el polvo o suciedad no permita el paso de la luz solar a su interior.

No se tiene que golpear el fill plástico debido a que se puede generar cortes o rupturas de la misma, con una buena instalación, uso y cuidado el fill plástico tiene una vida útil de 2 a 3 años, es preferible ubicar la estructura en un lugar de mucha incidencia de sol pero que tenga poco golpe de viento.

Ventiladores

Los ventiladores son elementos de plástico que tiene movimiento giratorio, no se tiene que topar las aspas del ventilador en su funcionamiento debido a que estas se pueden romper fácilmente, limpiar el ventilador cuando este apagado por los menos una vez al mes, utilizar un paño húmedo y evitar hacer fuerza contra las aspas. Evitar el contacto excesivo de agua.

Arduino y Sensores

Tanto los sensores como arduino tiene una vida útil muy prolongada, con una correcta fuente de alimentación y sin cortocircuitos Arduino y los sensores se deberán revisar cada año, evitar el contacto con el agua debido todo elemento electrónico puede afectarse severamente, la limpieza se tiene que hacer solo con aire o por personal capacitado que conozca de electrónica. El sensor de humedad del suelo tiene una vida útil muy corta debido a que está permanentemente en un ambiente de alta humedad, este se lo tiene que cambiar cada 60 días aproximadamente.

Cronograma de mantenimiento

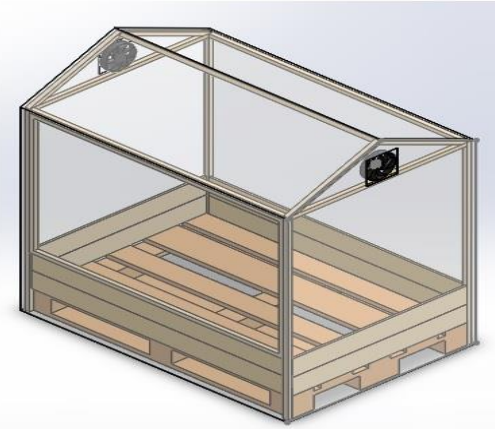
[illegible]

Descripción de actividades	
Estructura, (sellante)	La estructura está cubierta por sellante para madera que le protege contra la humedad, revisar si la estructura tiene golpes o rasguños, en el caso de que la estructura tenga un desprendimiento del sellante, se debe aplicar una nueva capa para evitar el daño prematuro de la estructura. Se deben seguir las instrucciones de mezcla con diluyente y aplicación propias del sellante.
Fill plástico	El fill plástico se encarga de almacenar el calor en el interior del invernadero, el paso de la luz solar brindando protección UV a las plantas, etc. El fill plástico tiene que estar limpio, se tiene que verificar que no esté sucio por polvo, tierra, agua estancada, etc, Limpiar cada mes con un paño húmedo, sin presionar demasiado al fill ya que se puede generar desprendimiento de las tachuelas o clavos, si el full plástico no esta templado, se puede generar el estancamiento de agua y no permite el paso correcto de la luz solar, se tiene que desprender las tachuelas de la estructura, templar el plástico y volver a fijarlo en la estructura.
Ventiladores	Los ventiladores se encargan de renovar el aire al interior del invernadero y controlan la temperatura, las paletas del ventilador se deben limpiar con un trapo húmedo evitando la acumulación de polvo, tierra, etc. Verificar que se activen correctamente, evitar cualquier tipo de elemento que choque con las paletas, en el caso de ruptura o mal funcionamiento se tiene que cambiar el ventilador, esta actividad se tiene que hacer por personal capacitado.
Sensor DHT11	Este sensor se encarga de medir la temperatura en el interior del invernadero, esta expuesto a humedad por lo tanto tiende a oxidarse, el sensor dispone de un led color

	rojo que indica su correcto funcionamiento, el caso de que el led no esté prendido o exista excesiva oxidación se debe cambiar el sensor por uno nuevo.
Sensor de tierra	El sensor mide la humedad del suelo, esta expuso alta humedad por lo cual se oxidará rápidamente, se lo tiene que remplazar según el cronograma de mantenimiento, una vez instalado el sensor en la tierra no se lo tiene que sacar mover ni retirar hasta que se cumplan con las fechas cambio.
Sistema de riego	El sistema de riego es el encargado de suministrar el agua necesaria a cada planta, se tiene que verificar que no existan fugas de agua en todo el tramo de la tubería, en el caso de que existan fugas se deberá sellar con cualquier elemento que sea resistente al agua, verificar que los goteros estén limpios para. Eliminar la tierra o polvo con una brocha seca.
Calendario lunar	El calendario lunar brinda información de todas las fechas adecuadas para las diferentes actividades agrícola dependiendo de la posición de la luna con respecto a la tierra, estas actividades son necesarias para que las plantas puedan crecer y desarrollarse de una correcta manera. Se tiene que revisar constantemente el calendario lunar para poder organizar las actividades como: siembra, poda, fertilización, cosecha, etc.

Anexo L: Manual de construcción

INVERNADERO AUTOMATIZADO

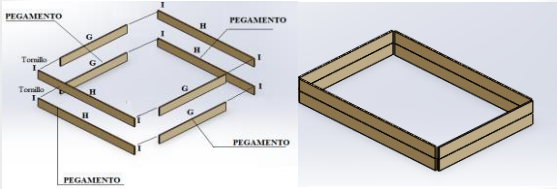


Instrucciones de seguridad

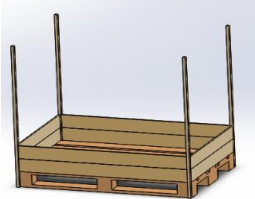
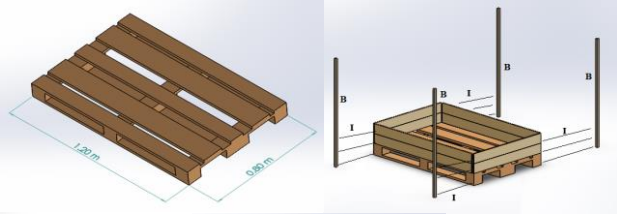
- Seguir los procedimientos en orden para garantizar el correcto funcionamiento del producto.
- 1.- El producto debe ser instalado por un técnico calificado.
- 2.-El producto puede ser instalado al interior como exterior, preferiblemente en un lugar con incidencia de luz solar de por lo menos 6 horas.
- 3.-La instalación debe ser en una superficie plana y resistente, de preferencia instalar directamente en el suelo (concreto). No instalar sobre ninguna superficie como camas, mesas, sofás, muebles, etc.
- 4.-En el caso de instalar sobre superficies húmedas como césped o que tengas infiltraciones la estructura deberá ser apoyada sobre 6 bloques en sus esquinas y en los puntos medios.
- 5.-Una vez instalado el producto no se deberá cambiar de posición.
- 6.-Utilizar los accesorios proporcionados de manera adecuada y en el orden que lo indica el manual.
- 7.-Leer y observar los gráficos e indicaciones antes de empezar la instalación.
- 8.- Los tornillos deben ser apretados.
- 9.- Ninguna persona, adulta o niño debe subir a la parte superior de la estructura.

LISTA DE ACCESORIOS		
ITEM	DESCRIPCION	CAN
A	Pallet 0.80m x 120m	1
B	Madera 3 x 3 1.80 m	4
C	Madera 3 x 3 1.20m	3
D	Madera 3 x 3 0.80m	2
E	Madera 3 x 3 0.97 m	4
F	Tarro pegamento	1
G	Madera 0.30m x 0.80 m	4
H	Madera 0.30m x 1.20 m	4
I	Tornillos para madera	
J	Sensor temperatura	1
K	Sensor Tierra	1
L	Ventilador 140mm x 140mm	2
M	Plástico lateral	2
N	Plástico superior	1
O	Tachuelas madera	
P	Amarras plásticas	
Q	Calendario lunar	1
R	Tubería PVC riego	
S		
T		
U		

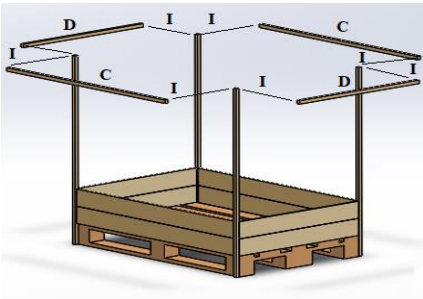
PASO 1.- Colocar pegamento en todo el canto de las tablas de madera, pegar las maderas y verificar que queden rectas y alineadas, y atornillar en las perforaciones superiores indicadas.

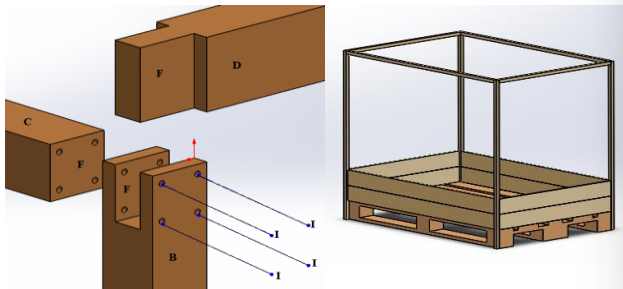


Paso 2.- Colocar las tiras de madera pegadas y atornilladas encima del pallet, verificar el largo de cada pieza para que estén alineados, atornillar las columnas a las maderas y al pallet con pegamento.



Paso 3.- Colocar pegamento (F) en las caras del extremo de la pieza D, dejar secar el pegamento por 20 segundos, insertar la pieza D en la pieza B, colocar pegamento (F) en la cara de la pieza C, apegar a la pieza B e insertar los tornillos ajustando las tres piezas (B,D,F).

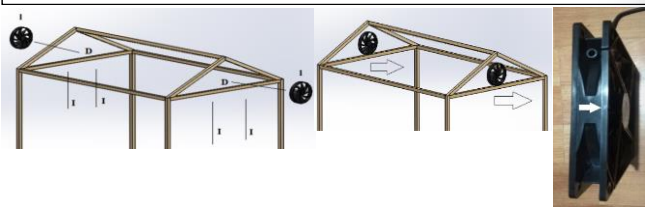




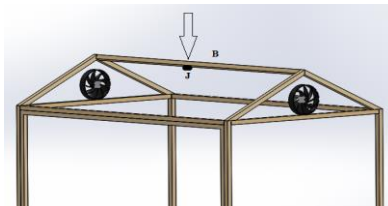
Paso 4.- Colocar pegamento en las caras cortadas de los elementos E y C, esperar 15 segundos y unir las piezas. Insertar los tornillos en las perforaciones indicadas.



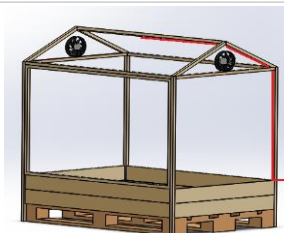
Paso 5.- Colocar los ventiladores (L) en el medio del elemento (D), en la parte señalada y fijar los ventiladores a al elemento (D) por medio de las perforaciones hechas. Cada ventilador dispone de una flecha de flujo de aire en su costado, verificar que un ventilador tenga el flujo de entrada y el otro ventilador tenga el flujo de salida.



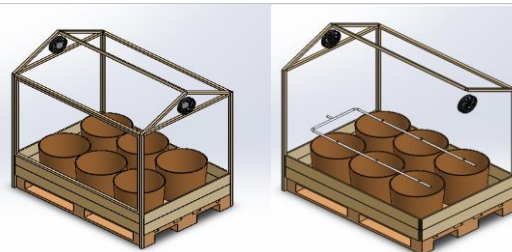
Paso 6.- Colocar el sensor de temperatura J en medio de la pieza B en la sección marcada y atornillar.



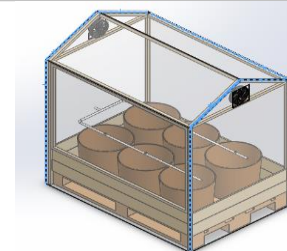
Paso 8.- Colocar el cable según la figura los nuestra y sujetarlo a la estructura con amarras plásticas cada 20 cm.



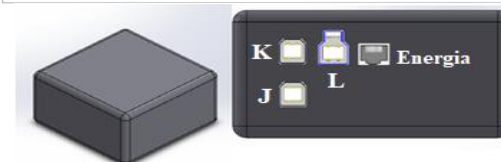
Paso 9.- Colocar 6 las macetas de 12L con plantas de tomate cherry, revisar el crecimiento de las plantas cada semana para que no alcancen la parte superior del invernadero, en una maceta enterrar el sensor de humedad de tierra. Sacar el sensor de la tierra (K) y colocar la tubería encima de las macetas, verificando que los goteros queden en cada maceta.



Paso 10.- Colocar el plástico en el invernadero según la figura, fijarlo con clavos y verificando que quede tensionado



Paso 11.- Conectar el cable del sensor de tierra (K), sensor de temperatura (J), ventiladores y tubería a la caja del Arduino.



Paso 12.- Al momento de tener el invernadero armado por completo con sus sensores y actuadores correctamente instalados, conectar cada cable en la posición indicada, al momento de conectar todos los elementos esperar 15 segundos y el sistema empezara a trabajar automáticamente.

